

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI
UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE" SUCEAVA
FACULTATEA DE SILVICULTURĂ

DR. ING. RADU CENUȘĂ

METEOROLOGIE ȘI
CLIMATOLOGIE
FORESTIERĂ
PUCRARI ȘI ADERANȚI



SUCEAVA - 1996

MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI
UNIVERSITATEA "ȘTEFAN CEL MARE" SUCEAVA
FACULTATEA DE SILVICULTURĂ

DR.ING. RADU CENUȘĂ

METEOROLOGIE ȘI CLIMATOLOGIE FORESTIERĂ

- LUCRĂRI DE LABORATOR -



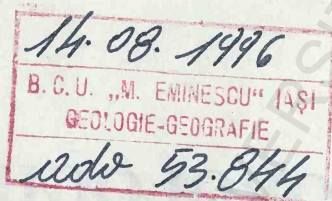
117114
B.C.U. - IASI

SUCEAVA 1996

$$551.5 : 630.111(076.5) = 135.1$$

$\Delta =$ meteorologie forestieră
climatologie forestieră

640



CUVÂNT ÎNAINTE

Dobândirea cunoștințelor de meteorologie și climatologie forestieră - disciplină de interfață de mare complexitate - presupune direcționarea cunoașterii pe două planuri distincte : **teoretic** - al legităților ce guvernează fenomenele atmosferice și reflectarea lor în sfera relațiilor ecologice- și **practic** - al valorificării informației meteorologice și climatice în fundamentarea lucrărilor tehnice și științifice din silvicultură. De pe această poziție, s-a pornit în elaborarea prezentei lucrări, care se situează pe o poziție de complementaritate cu tratatele de specialitate, existente în literatura noastră silvică : **Marcu, M., - Meteorologie și climatologie forestieră - 1983** și **Milescu, I., - Meteorologie și climatologie forestieră - 1993**.

S-a avut în vedere necesitatea familiarizării viitorilor specialiști cu "tehnologia" asigurării logisticii necesare în susținerea cu informații meteorologice și climatologice a diferitelor studii și proiecte cu caracter științific sau aplicativ din domeniile silviculturii. Premisele elaborării lucrării, au avut în vedere faptul că ea trebuie să se adreseze cu precădere studenților din primul an, de la Facultatea de silvicultură. De aceea, pe lângă descrierea aparaturii meteorologice - întreprinsă mai mult sau mai puțin detaliat, în raport cu necesități impuse de înțelegerea principiului sau modului de funcționare, pe grupe de instrumente - s-au prezentat și studii de caz, fără a se face apel însă la comentarii și explicații cu un grad de detaliere și specializare care ar fi fost mai potrivit gradului de pregătire al studenților din anii terminali.

Acestor exemple li s-a conferit rolul de "provocatori" în aprofundarea chestiunilor respective pe măsura lărgirii orizontului profesional al studenților.

Totodată, s-a ținut cont de necesitatea informării viitorului specialist asupra posibilităților pe care le oferă la ora actuală, tehnicile de prelevare și prelucrare a datelor experimentale (inclusiv meteorologice și climatice), întrucât se simte cu pregnanță existența unui decalaj între volumul de informații existente și posibilitățile de prelucrare oferite de tehnica modernă pe de o parte - și între rezultatele cercetărilor și gradul lor de utilizare în procesele de fundamentare a actului decizional - pe de altă parte.

În acest context, relansarea pe baze moderne a domeniului meteorologiei și climatologiei forestiere, nu reprezintă decât o chestiune de resurse și timp, care va trebui depășită, dacă se dorește cu adevărat, înregistrarea de progrese semnificative în domeniul silvologiei și ecologiei forestiere românești.

Autorul

CUPRINS

Cuvânt înainte.....	I
Cuprins.....	II
1. Introducere.....	1
1.1 Metoda de cercetare în meteorologie	1
1.2 Observații meteorologice	1
1.2.1 Platforma meteorologică	2
1.2.2 Adăpostul meteorologic	3
1.3 Instrumente meteorologice	3
1.3.1 Repere istorice privind dezvoltarea aparaturii meteo	4
1.3.2 Erori în efectuarea observațiilor meteorologice	5
1.3.3 Condiții de alegere a aparaturii meteorologice	5
1.4. Considerații privind prezentul și viitorul cercetării meteorologice globale	6
2. Măsurarea radiației solare	9
2.1 Măsurarea durate de strălucire a soarelui	9
2.2 Măsurarea energiei radiante	11
2.2.1 Aspecte generale	11
2.2.2 Instrumente pentru măsurarea energiei radiante	12
2.3 Măsurarea radiației fotosintetic active și a iluminării	24
3. Măsurarea temperaturii	26
3.1 Aspecte generale	26
3.2 Termometrele cu lichid.....	27
3.2.1 Termometru cu mercur.....	27
3.2.2 Termometrul de maximă.....	28
3.2.3 Termometrul de minimă.....	28
3.2.4 Termometrul Six - Bellani.....	29
3.3 Termometre cu lamă bimetalică	30
3.3.1 Termograful.....	30
3.4 Termometre cu rezistență electrică	33
3.4.1 Termometre cu rezistență.....	33
3.4.2 Termistorii.....	34
3.5 Termometre cu termocuplu (termoelemente).....	35
3.6 Termometre cu senzori în infraroșu (IR).....	37
3.7 Măsurarea temperaturii solului.....	40
4. Măsurarea umidității.....	42
4.1 Mărimi higrometrice	42
4.2 Instrumente cu citire directă	43
4.2.1 Higrometre.....	43
4.3 Instrumente înregistratoare.....	50
4.3.1 Higrografe.....	50
4.4 Măsurarea umidității prin procedee electronice	54
4.5 Măsurarea umidității solului	55
5. Măsurarea presiunii atmosferice.....	57
5.1 Instrumente de măsură.....	57
6. Determinarea nebulozității.....	60
6.1 Clasificarea internațională a norilor.....	60
6.2 Măsurarea înălțimii bazei norilor.....	64
6.3 Radarul meteorologic	65

7. Măsurarea precipitațiilor	66
7.1 Prezentare generală	66
7.2 Măsurarea precipitațiilor	70
7.2.1 Pluviometre	70
7.2.2 Pluviografe	72
7.2.3 Măsurarea acidității precipitațiilor	74
7.3 Măsurători asupra zăpezii	77
7.3.1 Rigle de zăpadă (nivometrice)	77
7.3.2 Densimetrul de zăpadă	77
8. Determinarea evaporării	79
8.1 Aspecte generale	79
8.2 Măsurarea evapotranspirației	80
8.3 Determinarea evapotranspirației prin metode indirecte	82
9. Determinarea elementelor bilanțului hidrologic în pădure	84
10. Determinări asupra regimului eolian	87
10.1 Giruete	89
10.2 Anemometre	90
10.3 Anemografe	96
11. Alte fenomene atmosferice	99
11.1 Litometeorii	99
11.2 Fotometeorii	100
11.3 Electrometeorii	101
11.4 Fenomene diverse	101
12. Observații fenologice	102
13. Caracterizarea climatică a teritoriului țării noastre	107
13.1 Principalele mase de aer ce influențează clima țării noastre	107
13.2 Potențialul climatic al României	109
13.3 Exemplu de clasificare a climatelor - clasificarea Koppen	115
13.4 Raionarea climatică a României	118
13.4.1 Raionarea climatică Koppen	118
13.4.2 Raionarea climatică Stoenescu	119
13.4.3 Regionarea climatică după Atlasul geografic	121
13.4.4 Propuneri pentru o nouă hartă climatică a României	122
14. Utilizarea informațiilor meteorologice în lucrările tehnice și biologice din silvicultură	126
14.1 Obținerea informațiilor climatice	126
14.1.1 Informații provenite din rețeaua meteorologică	126
14.1.2 Informații din experimente organizate	126
14.2 Principalii parametri ai elementelor meteorologiei utilizabili în studiile silvoecologice	129
14.3 Analiza cantitativă a informațiilor meteorologice și climatice	130
14.4 Prezentarea informațiilor meteorologice și climatice	132
14.4.1 Diagrame climatice	133
14.4.2 Indici climatici	136
14.5 Indici bioclimatici	142
Surse ale ilustrațiilor	145
Bibliografie	147

1 INTRODUCERE

1.1. Metoda de cercetare în meteorologie

Meteorologia, ramură a geofizicii utilizează ca metodă de bază **observația**.

Aceasta constituie cea mai veche metodă de cercetare și reprezintă procesul de cunoaștere a fenomenelor în forma în care acestea se produc în condiții naturale, fără vreo intervenție externă în desfășurarea lor.

Experimentul științific presupune cunoașterea laturilor unui fenomen în condițiile stabilite anterior de protocoalele experimentale, izolat de factori ce ar putea fi surse de incertitudine asupra rezultatelor.

O altă cale de a se ajunge la explicarea fenomenelor o reprezintă **cercetarea teoretică**, prin care, realizări ale științelor fundamentale (fizică, chimie, matematică) sunt aplicate la specificul fenomenelor din atmosferă.

Având în vedere multitudinea fenomenelor și a relațiilor dintre ele, în meteorologie, nu este aplicată o singură metodă, cum nici o știință nu-și poate baza investigațiile numai pe o singură metodă. Abordarea complexă a fenomenelor presupune armonizarea acestor metode într-un sistem coerent de cercetare, în care fiecare aspect să fie abordat de pe pozițiile cele mai avantajoase sub raportul câștigului de informații.

Un pas extrem de important în cercetarea meteorologică îl constituie **modelarea** producerii diferitelor evenimente meteorologice deschizându-se astfel calea simulării efectelor asupra diferitelor componente ale geosferei (termenul de model vine de la latinul *modulus*, diminutiv al lui *modus* = măsură). Modelarea reprezintă o metodă de cercetare a unor sisteme numite originale, cu ajutorul studiilor efectuate pe alte sisteme numite *modele* ce se află în anumite relații cu primele. Se prezintă sumar etapele modelării:

- - stabilirea variabilelor de stare - variabilele de stare reprezintă parametri aleși pentru a descrie starea sistemului modelizat a cărui evoluție este calculată prin model;
- - alegerea variabilelor exterioare - variabilele a cărei evoluție temporală este fixată în afara modelului, deci valorile acestora sunt considerate ca intrări în model;
- - parametri modelului, reprezintă coeficienții (constantele) ce apar în ecuațiile utilizate; fiind obținuți în urma unor operații specifice;
- - verificarea modelului - ansamblul operațiilor de comparare a rezultatelor calculate prin model cu valorile observate, cu scopul aprecierii performanțelor modelului;
- - calibrarea (calarea modelului) - operația de schimbare a valorilor parametrilor pentru ameliorarea gradului de ajustare a modelului, adică minimizarea ecartului dintre valorile calculate și valorile observate;
- - validarea unui model - operație care constă în testarea unui model calibrat într-un câmp de date A, în raport cu un alt câmp de date B (punerea modelului în condiții diferite);
- - analiza sensibilității modelului - verificarea modului în care variația valorilor parametrilor, a variabilelor externe se repercutează asupra ieșirilor (rezultatelor) modelului.

În condițiile exploziei cantității de informații și a posibilităților de prelucrare ale acestora metoda modelării prezintă perspective deosebite. O utilizare eficientă a acesteia presupune aplicarea tuturor metodelor de cercetare enumerate.

1.2 Observațiile meteorologice

Observațiile meteorologice sunt determinările care se efectuează asupra elementelor meteorologice (fenomene ce au loc în atmosferă).

Ele reprezintă o succesiune de operații ce se desfășoară după reguli bine determinate în timp și spațiu în scopul obținerii de informații care să caracterizeze un anumit fenomen, fie din punct de vedere cantitativ fie din punct de vedere calitativ.

În raport cu modul de efectuare a observațiilor, acestea pot fi :

- **observații vizuale** (senzoriale) ce se efectuează prin simpla caracterizare a fenomenului pe baza experienței observatorului. Acestea sunt în mod normal, afectate de subiectivitate;

- **observații instrumentale** ce se efectuează prin interpunerea între subiect (observator) și obiectul de cercetat (fenomenul atmosferic) a unui instrument ce permite obținerea de informații cantitative pentru caracterizarea fenomenului. Acest gen de observații asigură obiectivitatea cercetărilor, având însă dezavantajul creșterii probabilității producerii unor erori.

Observațiile meteorologice constau în măsurători și înregistrări ale caracteristicilor elementelor meteorologice. În mod obișnuit acestea sunt: *presiunea atmosferică, temperatura aerului, umezeala aerului, precipitații atmosferice, nebulozitate, elementele vântului, vizibilitatea, temperatura solului, evaporația, durata de strălucire a soarelui, intensitatea radiației, elemente ale electricității atmosferei*. În funcție de scopul și obiectivele studiului pot fi urmăriti și alți parametri: *intercepția precipitațiilor, scurgerile lichide și solide, infiltrațiile, scurgerile pe trunchiuri, caracteristici fenologice, structura vântului, intensitatea luminii etc.*

Pentru a se asigura *corectitudinea, reprezentativitatea, comparabilitatea și generalitatea* informațiilor obținute, observațiile meteorologice trebuie să se desfășoare în condiții bine determinate - standardizate, într-o rețea meteorologică ce conține observatoare, stații și posturi meteorologice. Stațiile meteorologice se clasifică în: *stații sinoptice* - ce execută observații complete și permanente asupra mersului vremii și urmăresc elementele meteorologice din oră în oră; *stații climatologice (de bază)* - ce execută observații numai asupra anumitor elemente meteorologice la ore bine stabilite. În stațiile meteorologice asigurarea condițiilor standard de efectuarea măsurătorilor se face pe platforma meteorologică.

1.2.1 Platforma meteorologică

Aceasta, reprezintă terenul special pe care se fac majoritatea observațiilor meteorologice. De aceea trebuie să fie o suprafață deschisă din toate părțile ferită de obstacole. Suprafața trebuie să fie orizontală fără denivelări.

Dimensiunile standard sunt de 26 x 26 m. Este îngrădită cu plasă de sârmă. Porțița de acces este în mijlocul părții nordice, iar în interior se amenajează căi de acces, schema platformei și modul de amplasare a instrumentelor se prezintă în figura 1.

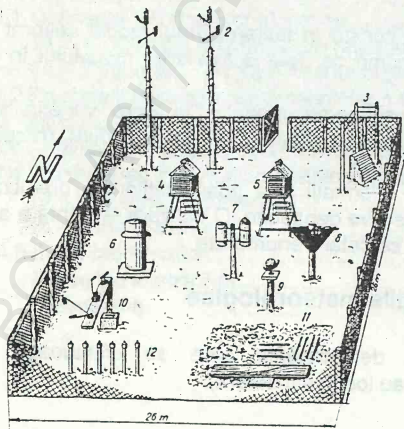


Fig. 1 Platforma meteorologică

1-girueta cu placă ușoară; 2- girueta cu placă grea; 3-chiciurometrul; 4 și 5 - adăposturi; 6 - pluviograf; 7 și 8 - pluviometrul IM și Tretiacov; 9 - heliograf; 10-complex actinometric; 11-termometre de sol; 12-termometre sol cu tragere verticală

Platforma meteorologică este menținută în permanență în stare operațională prin asigurarea curățeniei, tunsul gazonului, stratul de zăpadă rămâne la înălțimea și starea lui normală.

1.2.2 Adăpostul meteorologic

Adăpostul meteorologic este o construcție simplă din lemn ce are drept scop asigurarea protecției elementelor sensibile ale aparatelor împotriva incidenței directe a razelor solare și a ploii. Totodată asigură efectuarea observațiilor la înălțimea standard de 2 m. Corpul adăpostului are pereții laterali confecționați din jaluzele de lemn înclinate la 45° pentru a se umbri una pe alta. Partea inferioară este formată din două scânduri așezate perpendicular cu spații libere acoperite cu plasă metalică ce asigură ventilația permanentă a aerului. Acoperișul este dublu, partea superioară fiind acoperită cu pânză de sac. Ușa adăpostului este orientată spre nord. Întreg adăpostul este vopsit cu alb la exterior și cu negru în interior. Dimensiunile standard și modul de amploare se prezintă în figura 2.

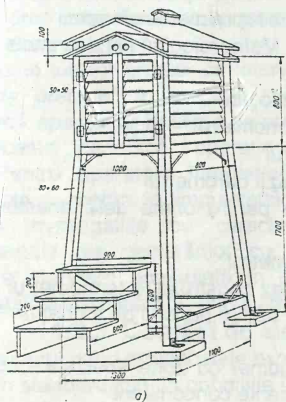
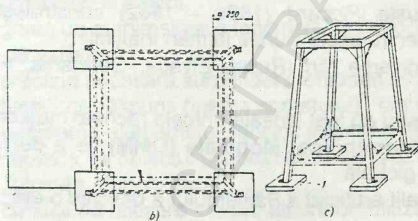


Fig. 2 Adăpostul meteorologic, dimensiuni și mod de instalare



1.3 Instrumentele meteorologice

Instrumentele sau aparatele meteorologice sunt uneltele folosite de către observator în cursul efectuării măsurărilor meteorologice pentru determinarea parametrilor fenomenului fizic urmărit. Aceste aparate s-au perfecționat continuu în funcție de progresele realizate de tehnică. În observațiile instrumentale terestre standard sunt utilizate mai ales instrumentele cu citire directă și instrumentele înregistratoare.

Aceste instrumente trebuie să aibă o serie de caracteristici constructive și calitative pentru a asigura furnizarea de informații utilizabile (corecte, reprezentative, reproductibile în condiții identice). Condițiile calitative minime trebuie să ia în considerare:

- simplitatea construcției;

- asigurarea preciziei măsurărilor;
- menținerea sensibilității;
- asigurarea facilităților de utilizare și întreținere.

Pentru a se satisface aceste condiții, avându-se în vedere faptul că majoritatea instrumentelor funcționează sub influența directă a factorilor meteorologici pe care îi măsoară, este necesară o preocupare continuă din partea observatorului în ceea ce privește funcționarea și întreținerea acestora.

Instrumentele înregistratoare, fiind construcții mai complexe, necesită mai multe întrețineri, eliminarea frecărilor, asigurarea funcționării dispozitivelor de scriere etc., întrucât aceste instrumente pot introduce eventuale erori instrumentale, înregistrările fiind comparate cât mai des cu valorile furnizate de aparatele cu citire directă. Suportul de înregistrare al informației îl reprezintă *diagramele*, ce se particularizează ca denumire și formă pentru fiecare gen de aparat.

1.3.1 Repere istorice privind dezvoltarea aparaturii meteo

- 484-425, î. Ch. - *Herodot* face primele observații asupra mersului vremii
- 384-322, î. Ch. - *Aristotel* elaborează lucrarea *Meteorologia*, dând primele explicații științifice asupra unor fenomene.
- 400, d.Ch. - În China apar informații agrometeorologice
- 1597, *Galileo Galilei* (1564-1642), inventează termometrul
- 1639, *Benedetto Castelli* - inventează pluviometrul
- 1643, *Evangelista Toricelli* (1608-1647), inventează barometrul
- 1684, *Robert Hooke* (1635-1703) construiește pentru prima dată anemometrul cu palete
- 1684, italianul *Francesco Folli*, inventează higrometrul
- 1741, *Anders Celsius* (1701-1744) fizician suedez construiește termometrul centigrad plecând de la 0° punctul de fierbere a apei și 100°C pentru punctul de îngheț (în 1745 *Carl von Linne* va inversa sensul scării)
- Sfârșitul sec. XIX - primele măsurători în altitudine- cu zone speciale - construirea meteorografului care să înregistreze mai multe elemente concomitent
- 1930 - Profesorul elvețian *Auguste Piccard* (1884 - 1962) construiește primul **stratostat** - balon special amenajat pentru ascensiunea la mari înălțimi.
- 1930 - Aproape concomitent în diverse țări (Rusia, Elveția, Germania, Franța) se construiesc primele **radiosonde**
- În deceniul al V-lea al secolului nostru au fost lansate primele rachete meteorologice
- 1951, înființarea **Organizației Meteorologice Mondiale (OMM)** ce a desfășurat de atunci diverse programe de cercetare globală
- 4 oct. 1957 - lansarea primului satelit artificial a Pământului a deschis o etapă nouă în cercetarea globală a atmosferei

În România există 170 de stații meteorologice și peste 1500 de posturi. *sumat* ⁻²
Evoluția cercetărilor de meteorologie combinată cu evoluția tehnicii a condus la dezvoltarea instrumentelor de măsură, ce poate fi rezumată la următoarele etape:

- Instrumente de măsură din generația I-a sunt instrumentele cu citire directă (termometre, higrometre, psihrometre, barometre) - *element sensibil* reprezintă piesa principală;
- Generația a II-a o reprezintă instrumentele cu înregistrarea mecanică la care s-au introdus alte elemente sensibile precum și mecanismele de ceasornic (termografe, higrografe, barografe, pluviografe etc.) - *element sensibil + mecanism de înregistrare*
- Generația a III-a o constituie aparatele mecano-electrice, electronice, ce au în componență elemente sensibile electrice (termocupluri, celule fotoelectrice etc.) prin acestea îmbunătățindu-se precizia aparatelor și posibilitatea transmiterii la distanță a datelor - *element sensibil + mecanism de înregistrare + dispozitiv de transmitere*;

- Generația a IV-a de aparate o reprezintă simbioza dintre elementele sensibile (senzori) și calculatorul electronic. Acest fapt a permis o precizie deosebită, amplasarea în condiții grele, îndesirea rețelelor, prelucrarea rapidă și eficientă a datelor obținute precum și arhivarea lor - *element sensibil + mecanism de înregistrare + dispozitiv de transmitere + sistem de prelucrare și arhivare*.

1.3.2 Erori în efectuarea observațiilor meteorologice

În timpul desfășurării observațiilor meteorologice, pot apărea erori (abateri de la valorile absolute) în determinarea mărimilor urmărite. Acestea pot avea drept cauze fie funcționarea defectuoasă a instrumentului (eroi instrumentale); fie superficialitatea și neatenția observatorului (eroi de observare întâmplătoare). Întrucât primele pot fi cunoscute și înlăturate prin corecții, se face o scurtă prezentare a lor :

- a. erori de citire;
- b. erori de mobilitate;
- c. erori de influență;
- d. erori datorate efectului remanent;
- e. erori de inerție.

Suma tuturor erorilor ce intervin în măsurătorile efectuate cu un aparat definește "clasa de precizie" a aparatului. Aceasta se exprimă de obicei procentual. Pentru menținerea aparatelor în clase de precizie indicată de fabricant este necesară repararea și verificarea periodică, operație în timpul căreia, se stabilește și eventualele corecții. Pentru aparatele înregistratoare nu se calculează corecții, întrucât ele au mecanisme de reglare în timpul verificărilor.

În investigațiile cu caracter meteorologic, impuse de către protocoalele experimentale ale cercetărilor cu caracter silvo-ecologic, se utilizează în general aparatura standard amplasată în condițiile stațiilor meteorologice pentru asigurarea comparabilității rezultatelor, dar și aparatură specifică acestui gen de lucrări.

1.3.3 Condiții de alegere a aparaturii meteorologice

În cazul când protocoalele experimentale nu prevăd un anumit tip de aparatură cu parametri standardizați, în condițiile unei oferte explozive în alegerea acestora se va ține cont de următoarele criterii:

- gama de manifestare a fenomenului (valori maxime și valori minime) amplitudini de variație;
- precizia necesară surprinderii fenomenului în totalitatea lui;
- timpul de răspuns (inerția aparatului), dat de intervalul de timp dintre măsurători;
- geometria elementului sensibil (pentru a pătrunde în intimitatea fenomenului) depinde de obiectul asupra căruia se face măsurătoarea (frunză aciculară, tulpiniță, trunchi etc.)
- condiții de utilizare - teren, laborator, utilizarea continuă, utilizare expediționară etc., realizarea unui contact cu obiectul cercetat sau investigații de la distanță;
- exploatarea datelor obținute:
 - afișaj simplu;
 - memorizarea valorilor extreme;
 - calculul valorilor medii;
 - colectarea datelor de la mai multe elemente sensibile (zonale) - sisteme multicanal;
 - stocarea datelor pe imprimante;
 - prelucrarea datelor pe P.C. etc.

După ce au fost luate toate aceste aspecte în considerație, pentru obținerea de informații de calitate, în timp util și cu un grad ridicat de prelucrare, filtrul esențial în alegerea instrumentului va rămâne totuși suma de care se dispune pentru achiziționare.

Astfel încât și operația de alegere nu va fi altceva decât o optimizare între condiții și resurse.

1.4 Considerații privind prezentul și viitorul cercetării meteorologice globale

Înțelegerea funcționării atmosferei presupune obținerea unui volum impresionant de date științifice. Se dispune de o rețea mondială de stații meteorologice datorită căreia se poate asculta atmosfera la ore fixe, măsura presiunea și temperatura la sol, înregistra precipitațiile cumulate, se pot efectua radiosondaje cu baloane radiosondă pentru a analiza structura verticală a vântului, a temperaturii și a umidității atmosferice. Dar acest mod nu este o soluție optimă de măsurare în condițiile tehnice actuale, căci rețeaua nu este destul de deasă pentru o acoperire suficientă a suprafeței terestre. Numeroase țări în curs de dezvoltare dețin o rețea aproape inexistentă, iar întinderile oceanice deși ocupă 2/3 din glob nu permit amplasarea de stații meteorologice. De unde marile "găuri" în distribuția geografică a datelor și interesul crescând a observațiilor meteorologice spațiale cu ajutorul sateliților. Apărută în anii 60 observația spațială are ca principal avantaj furnizarea de date omogene distribuite egal pe toată suprafața globului. Dar ca revers al medaliei, ea se caracterizează prin limitarea preciziei măsurărilor care se fac la distanță. Pământul reflectă radiația solară în lungimi de undă vizibile și emite energie într-o gamă largă de unde infraroșii. Un prim tip de observație spațială constă în măsurarea variației diverselor tipuri de radiație sub influența fluctuației atmosferice. Este numit în mod curent **radiometrie pasivă**.

Radiometrele cu bandă largă (care înglobează toate lungimile de undă ale spectrului) precum instrumentul american ERBI, sau cel francez SCARAB, permit măsurarea energiei primite și emise de către suprafața terestră (adică determinarea bilanțului radiativ). Radiometrele cu bandă îngustă, calate pe lungimi de undă bine determinate, dau informații asupra structurii tridimensionale a atmosferei în particular asupra distribuției temperaturilor, umidității și nebulozității pe verticală. Sunt utilizate fie sub formă de integratoare de imagine, fie sub formă de sonde. Primele, precum cele ce echipază satelitul european METEOSAT, furnizează o imagine geografică a radiației captate de către instrument la o lungime de undă bine determinată. Rezoluția spațială depinde de calitatea instrumentului și distanța satelitelui. METEOSAT furnizează 3 imagini la fiecare jumătate de oră: una în spectrul vizibil, una în infraroșu termic în jur de $12\ \mu\text{m}$ și ultima în jurul valorii de $6\ \mu\text{m}$, care dă conținutul în vapori de apă. Integratoarele de imagine în vizibil și infraroșu sunt utile pentru studiul proprietăților covorului de nori și a proprietăților suprafeței terestre. Tendința actuală este de a atinge rezoluții din ce în ce mai bune, fapt ce conduce la debite impresionante de date transmise pe canalul satelit-sol. Spre deosebire de integratoarele de imagini, sondele observă domenii mult mai reduse și cu rezoluții spațiale mai mici dar pe un mare număr de canale spectrale. Fără a intra în explicații detaliate trebuie să precizăm că această posibilitate de observare într-o multitudine de lungimi de undă permite reconstituirea structurii verticale a câmpurilor de temperatură și umiditate atmosferică. Exemplu: sondele infraroșii HIRS care echipază sateliții NOAA (*National Oceanographic and Atmospheric Administration* - instituție americană însărcinată cu studiul atmosferei și oceanelor). Acestea, utilizând 20 de canale dau o reprezentare a profilului vertical al temperaturilor cu o precizie de circa 2°C și o rezoluție verticală de 2 km. Dar generația viitoare de sonde infraroșii va fi mult mai performantă. Ea va fi constituită de spectrometre cu peste 100 de canale. Cu 200 de canale în loc de 20 se va putea dubla precizia rezoluției verticale ținându-se cont de influența norilor asupra măsurărilor. Asemenea instrumente sunt în lucru la ora actuală în cadrul programului EOS (*Earth Observing System*) de la NASA și în cadrul proiectului francez al misiunii spațiale GLOBSAT al CNES.

Foarte util în determinarea temperaturii și umidității, un instrument în infraroșu nu poate din păcate, să penetreze norii, ceea ce limitează mult interesul, mai ales în cazul

situațiilor meteorologice critice. Pentru a înlătura acest inconvenient s-au dezvoltat în paralel întregratoare de imagini și sonde bazate pe microunde (acestea din urmă putând traversa stratele noroase). Ca exemplu pot fi date sondele MSU de pe sateliții meteorologici NOAA și integratorul de imagini SSM/I ce echiipează sateliții militari americani DMSP care sunt instrumente "orice vreme". Prezintă de asemenea interes, integratoarele de imagini cu microunde care permit un studiu semicantitativ al precipitațiilor.

Cu toate perfecționările, radiometria pasivă nu este suficientă pentru a descrie în parametri globali și preciși, starea atmosferei. De aceea s-a făcut recurs la mijloacele active, adică la instrumente de măsură bazate pe emisie - recepție. Acestea prezintă avantajul că trimițând spre obiectul de studiu un semnal controlat, se poate analiza ecoul acestui semnal după interacțiunea sa cu obiectul. Un exemplu tipic al acestor sisteme îl reprezintă radarul utilizat în prezent la măsurarea precipitațiilor, și sistemul **lidar**.

În sistemul **lidar** emițătorul este constituit din laser. Energia emisă în fasciculul laser sub formă de lumină, sau de radiație infraroșie într-o frecvență dată, este retrodifuzată de către particulele foarte fine ce se găsesc sub formă de suspensie în aer, și captată la întoarcere de către un receptor constituit dintr-un telescop, un amplificator și un detector, ale căror construcție și complexitate depinde de funcțiile cerute. Particulele în suspensie sunt mai dense în stratul limită (câteva sute de metri în apropierea solului), unde turbulența datorată prafului, fumului, norilor este amplificată de abundența particulelor de apă. Chiar în aerul curat, numărul de particule în suspensie este suficient pentru ca retrodifuzia să fie satisfăcătoare. Emisia laser este separată în impulsuri foarte scurte (de ordinul microsecundelor). Timpul de dus-întors a semnalului este proporțional cu distanța ce separă sistemul de emisie - recepție de punctul din atmosferă ce produce retrodifuzia. Analiza semnalului de întoarcere și a timpului scurs, permite deci accesul direct la profilul mărimii fizice măsurate de-a lungul direcției vizei, fapt ce nu poate fi efectuat de către sondele pasive. Sistemele lidar extrem de simple, măsoară numai intensitatea retrodifuziei, principalele informații furnizate putând fi înălțimea stratului-limită și distribuția norilor în altitudine.

Măsurarea directă a vântului face apel la instrumente mai complicate: **lidarul Doppler**. Acesta analizează viteza unui obiect în mișcare - particule atmosferice-plecând de la decalajele de frecvență înregistrate la emisie și respectiv la recepție, după ce raza a fost reflectată. De asemenea pot fi evidențiate și lidarele bazate pe absorția diferențială pentru studiul concentrației compușilor atmosferici. Principiul se bazează pe emisia în două frecvențe, din care una este absorbită în mod specific de către compusul vizat, de exemplu vaporii de apă. Analiza energiei retrodifuzate în una și alta din frecvențe, permite determinarea concentrației elementului în punctul în care a avut loc retrodifuzia.

Trebuie precizat faptul că la ora actuală aceste instrumente active sunt încă în studiu, nici unul din ele nefiind operațional în spațiu. Cel mai avansat este fără îndoială radarul dezvoltat în cadrul unui proiect comun nipono-american TRMM; tot un radar pentru măsurarea ploii este studiat în cadrul proiectului francez BEST vizând măsurarea bilanțului energetic în atmosfera tropicală. Sistemele lidar sunt în curs de dezvoltare în cadrul marilor programe de observații cum ar fi : EOS (*Earth Observing System*) de la NASA și EPOP (*European Polar Orbiting Platform*) ale agenției spațiale europene. Aceste sisteme spațiale vor fi puse în operă până la sfârșitul secolului.

Cu toate avantajele pe care le oferă metodele active de măsurători, acestea prezintă și unele limite, legate de faptul că energia necesară, foarte limitată la bordul unui satelit, este proporțională cu pătratul distanței la care se găsește obiectul de studiu. De aici rezultă că instrumentele vor fi amplasate pe sateliți cu orbite joase (de ordinul a 500 km). Deci, câmpul de vizibilitate va fi mai redus decât cel al instrumentelor pasive amplasate pe sateliți ce utilizează în mod curent orbite de 1000 - 1200 km altitudine. Cei 5 sateliți geostaționari (*METEOSAT* - european, *GOES - East*, *GOES - West* - americani,

GMS - japonez și INSAT - indian), imobili în raport cu pământul țin sub observație peste un sfert din globul terestru. Poziția geostaționară este cea mai favorabilă pentru supravegherea și cunoașterea în timp a evoluției structurilor atmosferei.

Observațiile locale rezultă din combinația măsurătorilor efectuate pe sol și a celor spațiale. Realizate în regiuni adecvate și cu mijloace puternice (avioane și baloane echipate cu instrumente, rețele de la sol conectate cu observații spațiale) observațiile locale permit acumularea de date privind numeroase mecanisme ale circulației atmosferice, ale formării norilor și ale interacțiunilor cu radiația, mecanisme relativ puțin cunoscute încă. Se citează exemplele campaniei COPT (studiu asupra convecției profunde în Africa de vest) realizate de către specialiști francezi; campaniei HAPEX - MOBILHY (studiul fluxului de energie la nivelul solului și vegetației); al campaniei europene ICE realizat în nordul Germaniei; campania PYREX (studiul scurgerilor atmosferice în vecinătatea Pirineilor) realizat în 1990; campaniile europene anuale pentru studiul bilanțului ozonului stratosferic în Arctica.

Menționăm de asemenea programele internaționale derulate în cadrul Organizației Meteorologice Mondiale (OMM). Dintre acestea Programul global de cercetări atmosferice desfășurat în anii 70 au avut un impact considerabil asupra dezvoltării sistemelor de observații și a modelelor. În anii 80, Programul Mondial de Cercetări asupra Climatului (PMRC) a continuat preocupările primului. Programul GEWEX (Global Energy and Water cycle Experiment), a abordat o chestiune considerată la ora actuală drept crucială: înțelegerea ciclului apei în atmosferă. Acest program constituie un cadru unificator al dezvoltării instrumentelor spațiale inclusiv a proiectelor BEST sau GLOBSAT și pentru efortul de modelizare care este inseparabil de cel de culegere a datelor.

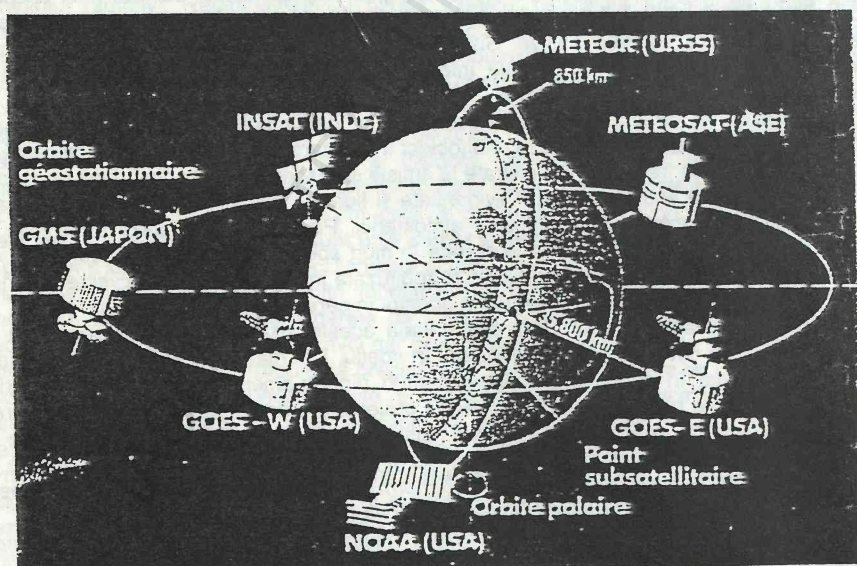


Fig. 3 Principali sateliți pentru observații meteorologice spațiale

2 MASURAREA RADIATIEI SOLARE

2.1 Măsurarea duratei de strălucire a soarelui

Durata astronomic posibilă de strălucire a soarelui - reprezintă durata în ore de strălucire a soarelui maxim posibilă deasupra unui anumit punct de pe suprafața terestră, având o anumită latitudine.

Durata maxim posibilă de strălucire a soarelui - reprezintă timpul în ore, în care soarele rămâne deasupra orizontului unui loc într-o anumită zi a anului.

Durata reală de strălucire a soarelui - reprezintă timpul în ore în care strălucește soarele într-o anumită zi.

Toate aceste durate se măsoară în ore, ele fiind importante pentru stabilirea proceselor de încălzire și răcire a suprafeței terestre, precum și pentru calculul bilanșurilor energetice.

Durata astronomic posibilă pentru o anumită latitudine, poate fi calculată, drumul soarelui fiind impus numai de lungimea zilei astronomice. Pentru exemplu, se prezintă în figura 3, traiectoria soarelui la diferite zile din an pentru trei zone latitudinale (a-ecuator; b-50° latitudine nordică; c-90° latitudine nordică).

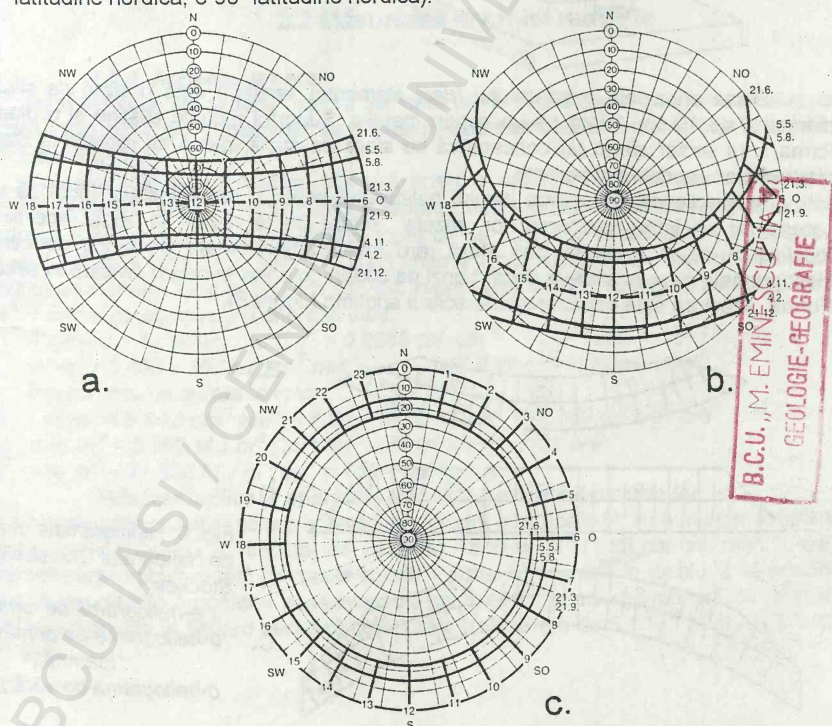


Fig. 4 Traiectul soarelui pe bolta cerească la latitudini caracteristice în diferite zile din an (0-90 înălțimea deasupra orizontului în grade; 6-18 timpul astronomic)

7. Durata maximă posibilă de strălucire a soarelui se determină prin măsurarea înălțimii orizontului. Aceasta se face cu ajutorul teodolitului, rezultând o hartă a mersului soarelui pentru locul respectiv într-o anumită zi.

Durata reală de strălucire a soarelui, se determină cu ajutorul *heliografelor*, între care cel mai răspândit este heliograful Campbell-Stokes (figura 5).

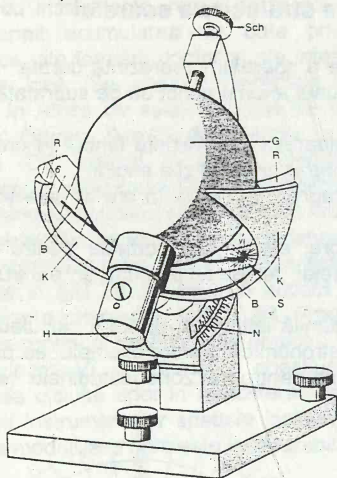
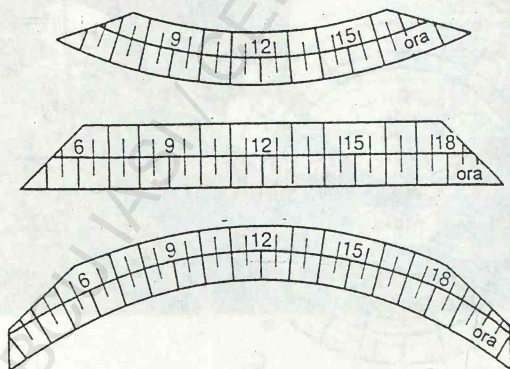


Fig. 5 Heliograful Campbell-Stokes

(G - sferă de sticlă, H - suportul sferei, R - diagrama, K - suportul diagramelor, B - urma arsă, S - locul în care soarele arde diagrama în momentul observației. Sch. - șurubul de fixare a sferei de sticlă, H - reglarea pantei în funcție de latitudinea locului.)

Piesa principală a aparatului (deci elementul sensibil) este o sferă de sticlă cu diametrul de 10 cm, fixată pe un suport metalic. Suportul metalic susține și o placă de forma unui sector sferic (k) concentrică cu sfera de sticlă, placă ce reprezintă suportul diagramelor - numite heliograme.

În funcție de latitudinea locului heliograful poate fi astfel instalat încât să poată recepționa pe întreg parcursul lor, razele solare de la răsărit la apus. Aceste raze focalizându-se la trecerea prin sferă, ard heliogramele aflate pe placa concentrică. Heliogramele nu sunt altceva decât benzi de carton colorate în negru divizate în sectoare. Forma acestora este caracteristică fiecărui anotimp. (figura 6).



a.

b.

Fig. 6 Heliogramele utilizate de heliograful Campbell-Stokes

- (a-heliogramă de iarnă;
b-heliogramă de primăvară-toamnă;
c-heliogramă de vară.)

Acest aparat este extrem de simplu și de robust fără probleme în exploatare. Însă sensibilitatea sa nu este constantă, datorită depunerilor de praf de pe sferă și umezirii

diagramei datorită depunerilor de rouă sau brumă. Un alt dezavantaj este acela că heliogramele trebuie schimbate zilnic.

Heliografele electrice înlătură aceste dezavantaje. Partea sensibilă este constituită dintr-un fotoelement expus în mod continuu. În cazul umbririi, acest element produce curenți de foarte joasă tensiune. La recepționarea razelor solare tensiunea crește. Astfel se poate determina durata de strălucire a soarelui după variația de tensiune înregistrate pe diferite tipuri de suport.

Studiu de caz

Un exemplu privind măsurătorile de durată a strălucirii soarelui se prezintă în tabelul 1 pentru o zonă forestieră din Tirol-Alpii austrieci, latitudine $47^{\circ}13' N$, longitudine $11^{\circ}6' E$, altitudine 1790m, înclinare versant 35° , în timpul sezonului de vegetație (Kronfuss 1980).

Tabelul 1

Durata de strălucire a soarelui	Ore					
	V	VI	VII	VIII	IX	Suma
Astronomic posibilă	253,8	471,3	475,5	434,9	369,9	2005,4
Maxim local posibilă	178,5	327,0	328,6	303,8	255,0	1392,9
Observata media 1974-1976	78,5	136,8	154,4	148,4	128,7	647,8
%	44	41,8	47,0	49,2	50,5	46,5

Din datele prezentate mai sus, se poate observa influența reliefului și acoperirii cerului cu nori asupra duratei de strălucire a soarelui.

2.2 Măsurarea energiei radiante

2.2.1 Aspecte generale

Instrumentele cu ajutorul cărora se determină intensitatea diferitelor fluxuri de energie a radiațiilor din atmosferă se numesc instrumente actinometrice (de la *actinos*, care înseamnă rază)

Instrumentele actinometrice măsoară energia radiațiilor primite sau emise de o anumită suprafață. Aceasta este dată de raportul dintre fluxul radiațiilor ϕ și suprafața respectivă S . Acest raport ϕ/S constituie ceea ce se numește intensitatea i a radiației, care se exprimă în calorii $\text{cm}^{-2} \text{min}^{-1}$. Această unitate fundamentală de măsură a intensității radiațiilor se numește langley. La ora actuală intensitatea fluxului energetic se măsoară în W m^{-2} . Factorii de conversie a energiei sunt:

$$4.1868 \text{ J} = 1 \text{ calorie} \quad \text{J cm}^{-2} = 0,2388 \text{ cal. cm}^{-2} \quad \text{watt} = \text{J s}^{-1}$$

$$\text{W m}^{-2} = 1.433 \times 10^3 \text{ cal cm}^{-2} \text{min}^{-1} \quad 697.8 \text{ W m}^{-2} = \text{cal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$$

Pentru diferite durate în timp:

$$\text{Ziua} : 1 \text{ W m}^{-2} = 8.64 \text{ J cm}^{-2} \text{zile}^{-1} = 8.64 \times 10^{-4} \text{ J m}^{-2} \text{zile}^{-1} = 2.064 \text{ cal cm}^{-2} \text{zile}^{-1}$$

$$\text{Luna} : 1 \text{ W m}^{-2} = 2.592 \text{ MJ cm}^{-2} (30 \text{ zile})^{-1} = 61.91 \text{ cal cm}^{-2} (30 \text{ zile})^{-1}$$

$$\text{Anul} : 1 \text{ W m}^{-2} = 31.536 \text{ MJ cm}^{-2} \text{an}^{-1} = 753.4 \text{ cal cm}^{-2} \text{an}^{-1}$$

Felul radiațiilor și aparatele folosite pentru măsurarea lor

Intensitatea radiației solare la limita superioară a atmosferei, se numește *constanta solară* și se notează cu I . Aceasta are valoarea 1370 W m^{-2} ($1,88 \text{ cal cm}^{-2} \text{min}^{-1}$) pe o suprafață perpendiculară față de razele solare. Pentru comparație în tabelul 2 se prezintă relația dintre diferite fenomene consumatoare de energie și energia primită de la soare (pământul primește în fiecare secundă o cantitate de energie de $5 \cdot 10^{10} \text{ kWh}$ - $4,3 \cdot 10^{15} \text{ kWh zi}^{-1}$)

Raportul cantitativ dintre consumul energetic al diferitelor fenomene și energia primită de la soare (Hackel, 1993)

Energia radiativă primită zilnic de la soare	$1 = 10^0$
Necesarul anual de energie (nivel deceniul 8 sec. XX)	10^{-2}
Cutremure puternice de pământ	10^{-2}
Cutremure de intensitate mijlocie	10^{-3}
Bomba cu hidrogen (aprilie 1954)	10^{-5}
Furtună estivală mijlocie	10^{-6}
Bomba atomică de la Nagasaki (1945)	10^{-9}
Arderea a 100 t cărbuni	10^{-9}
Iluminatul orașului New York într-o singură noapte	10^{-11}

Ceea ce ajunge la suprafața terestră constituie radiația solară directă. Dacă înălțimea soarelui devine mai mică ($1^\circ - 2^\circ$), intensitatea radiației solare directe, abia atinge cifra de 0,1 langley.

Intensitatea radiației solare directe se măsoară în unități absolute (langley) cu instrumente numite *pirheliometre* (cuvânt compus din *piros* = foc, *helios* = soare și *metron* = măsură); iar în unități relative cu ajutorul *actinometrelor* (ale căror indicații trebuie comparate cu ale unui pirheliometru).

O parte din radiația solară este difuzată în toate direcțiile de particulele care plutesc în atmosferă și se îndreaptă către scoarța terestră sub forma unui flux.

Aceasta ajunge să aibă intensitatea de 0,35 langley, în cazul când înălțimile soarelui sunt mai mari (30°) și când cerul este senin.

Intensitatea radiației difuze se măsoară cu ajutorul instrumentului numit *piranometru*, care este umbrat față de radiația solară directă, cu ajutorul unui ecran.

Piranometrul fără ecran, măsoară intensitatea radiației globale (care este suma radiației directe și a celei difuze).

O parte din radiațiile care nu sunt absorbite de pământ este reflectată în sus, adică este pierdută de suprafața pământului și formează fluxul radiației reflectate.

Intensitatea radiației reflectate de o anumită suprafață se determină cu ajutorul *albedometrului*. Adică acest fel de instrumente determină capacitatea de reflecție a diferitelor suprafețe sau *albedoul* acestora.

Albedoul este exprimat de raportul dintre intensitatea radiației reflectate și a radiației globale.

Se știe că în timpul nopții, scoarța terestră emite radiații de undă lungă (infraroșii) și joacă rolul corpului negru. Intensitatea acestor radiații emise de sol E_s depinde de temperatura scoarței terestre.

În același timp scoarța terestră primește radiațiile de undă scurtă din atmosfera înconjurătoare, care însă la pământ ajunge sub forma radiației atmosferice de undă lungă și din cauză că are sensul invers, radiației E_s emisă de sol, se numește contraradiație atmosferică și se notează cu C_a .

Diferența $E_s - C_a = R_e$ poartă numele de radiație efectivă, a cărei intensitate se măsoară cu ajutorul instrumentului numit *pirgeometru* (cuvânt compus din *piros* = foc, *geos* = pământ și *metron* = măsură).

În afară de instrumentele actinometrice amintite mai sus, pentru măsurarea bilanțului radiațiilor, la suprafața scoarței terestre se folosește instrumentul numit *bilanțometru*.

2.2.2 Instrumente pentru măsurarea energiei radiante

Actinometrul AT-50

Actinometrul este utilizat pentru măsurarea radiației solare directe. Acesta este format din : piesa receptoare pentru radiații, corpul actinometrului și suportul respectiv.

Pieșa receptoare pentru radiații este un disc de argint (d) înnegrit, în mijlocul căruia se află un orificiu. Pe partea inferioară a discului se află termosudurile centrale C ale unei termobaterii.

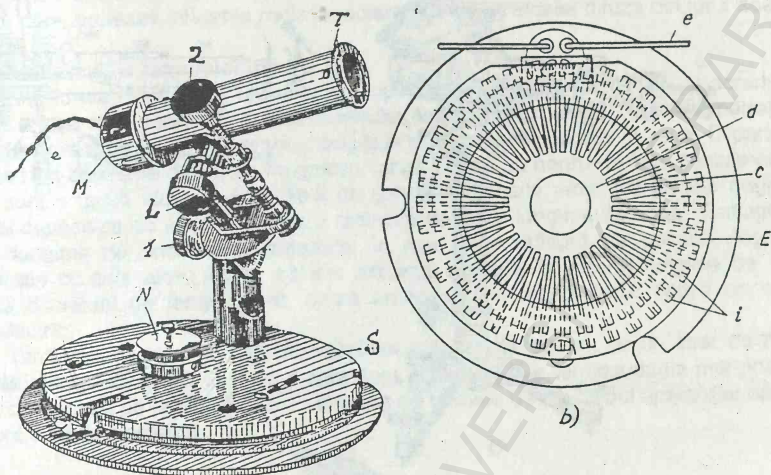


Fig. 7 Actinometrul (a- aparatul propriu-zis; b- piesa receptoare (senzorul))

Celălalt rând de suduri (periferice) E sunt prinse de un inel de cupru (I), care face corp comun cu tubul actinometric și care are temperatura egală cu a mediului înconjurător (figura 7). Sudurile centrale aflându-se sub influența radiației solare, vor căpăta o temperatură mult mai ridicată, decât cele exterioare, care au temperatura mediului înconjurător. Ca urmare se generează curentul termoelectric.

Termobateria este formată din 36 termoelemente, alcătuite din benzi fine de magneziu și constantan, care sunt dispuse în serie și așezate în zig-zag, în formă de stea (figura 7 b). Termosudurile sunt izolate de discul de argint și de inelul de cupru cu foiță de hârtie, umezită cu lac incolor.

Corpul actinometrului este format dintr-o capsulă metalică M, la care se înșurubează tubul actinometric T. Termosudurile sunt unite printr-un conductor e, care iese în afara corpului printr-un orificiu din spatele capsulei. Acesta face legătura cu galvanometrul. În interiorul tubului actinometric se află 4 diafragme, care au rolul de a diminua acțiunea vântului, precum și de a limita fascicolul radiațiilor la o rază de 5° , în jurul soarelui. Tubul actinometrului este montat pe un suport S fixat la rândul său pe un stativ. Pe suport se află dispozitivul L pentru fixarea aparatului la latitudinea locului, cu ajutorul unui șurub, care slăbindu-se, permite a aduce sectorul gradat (în grade de latitudine în dreptul unui indice). Tubul actinometric se poate roti, în jurul axului orizontal și vertical, prin intermediul șuruburilor 1 și 2. Suportul aparatului se aduce la orizontală cu ajutorul nivelei N, fixată pe stativul aparatului.

Actinometrul Michelson

Actinometrul Michelson este un instrument cu ajutorul căruia se poate determina intensitatea radiației solare directe, precum și a celei globale.

Datorită preciziei și robusteții sale este utilizat ca aparat de control, pentru instrumentele actinometrice.

Piesa sensibilă pentru radiații a acestuia este o lamă bimetalică 1 subțire, cu dimensiunile $13 \times 2 \times 0,02$ mm (figura 8 a,b) formată prin laminarea la cald a unei benzi de fier și a unei de invar.

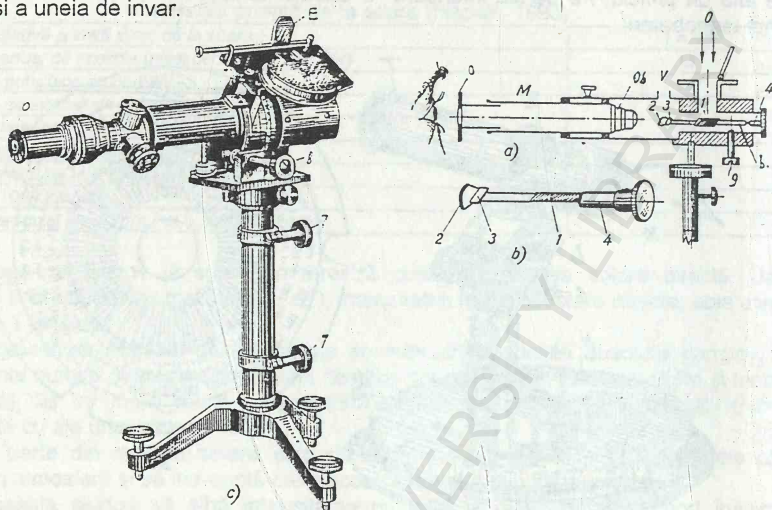


Fig. 8 Actinometrul Michelson ; (a-schema de principiu; b- piesa receptoare c-aparatul propriu-zis)

Pe partea de fier, lama este acoperită cu negru de fum, fixat prin îmbibare cu alcool. Această lamă bimetalică este expusă radiațiilor solare cu partea înnegrită și prin încălzire se curbează în direcția invarului. Pentru ca această deformare să fie amplificată, unul din capetele lamei este fixat la extremitatea barei de cupru 4, care se poate roti față de piesa de fixare. De celălalt capăt al lamei bimetalice este fixat un ax ușor de aluminiu 3, care pentru a fi mai solid are forma de U. Capetele acestuia formează o bifurcare de care se prinde un fir subțire de cuarț (grosimea 2-4 microni), care se proiectează în oglinda 2. Deplasarea firului de cuarț, provocată de curbarea lamei bimetalice, poate fi observată prin microscopul M, care face parte integrantă din aparat (figura 8 b). Devierea firului de cuarț fiind observată pe o scară micrometrică a ocularului. În obiectivul ob al microscopului și lentila ocularului, se formează imaginea reală a firului, pe placa de sticlă a micrometrului ocular, care are diviziunile gravate sau fotografiate. Acestea sunt notate cu cifre din 10 în 10. Piesa receptoare a aparatului este protejată de o carcasă masivă de cupru, înnegrită în interior. Partea de fier a lamei bimetalice, primește radiația solară directă, prin orificiul de formă dreptunghiulară O. Ecranul 2 apără carcasa metalică a aparatului de încălzire, sub influența radiației.

Orificiul V de pe carcasă acoperit cu sticlă, folosește pentru luminarea oglinzii, care luminează câmpul vizual al microscopului și face vizibile, diviziunile de pe scară micrometrului ocular. Pentru orientarea în direcție perpendiculară pe razele solare, aparatul este prevăzut cu un dispozitiv format din placa 4, care are un mic orificiu 5 și un mic ecran 6, prevăzut cu fire reticulare - pe care trebuie să se proiecteze razele luminoase ce străbat prin orificiul 5.

Corpul aparatului este nichelat și fixat pe un trepid, prevăzut cu șuruburi micrometrice 7, pentru rotirea aparatului în jurul axei orizontale și 8, pentru rotirea în jurul axei verticale (figura 8 c).

Piranometrul

Acest gen de aparate servește la determinarea radiației globale (provenită de la soare și bolta cerească), precum și a radiației difuze, primită de o suprafață orizontală.

Pentru determinarea radiației difuze, piranometrul este prevăzut cu un ecran de umbră, care anulează influența radiației solare directe și a celei difuze din jurul soarelui pe o rază de 5° .

Piranometrul termoelectric P - 3x3

Este format din piesa receptoare, suportul, dispozitivul de uscare și ecranul de umbră. Piesa receptoare R a piranometrului este o termobaterie de formă pătrată la latura de 3 cm alcătuită din benzi de manganin și constantan, legate în serie. O parte din acestea sunt acoperite cu alb de magneziu, iar altă parte cu negru de fum; benzile albe și negre sunt dispuse alternativ, în tablă de șah. Atât benzile albe, cât și cele negre au aceeași capacitate de absorbție pentru radiațiile de mare lungime de undă. Radiațiile de scurtă lungime de undă sunt absorbite, în mai mare măsură de benzile negre, în comparație cu cele albe. Astfel, că sub influența radiației de scurtă lungime de undă, datorită diferenței de temperatură, dintre termosudurile receptorului, apare un curent termoelectric.

Termobateria este izolată de marginea plăcii metalice m , cu un strat de hârtie. Această placă este fixată de corpul aparatului (figura 9). De termosudurile marginale se lipesc conductorii de legătură, care se unesc cu bornele de pe corpul aparatului care fac legătura cu galvanometrul.

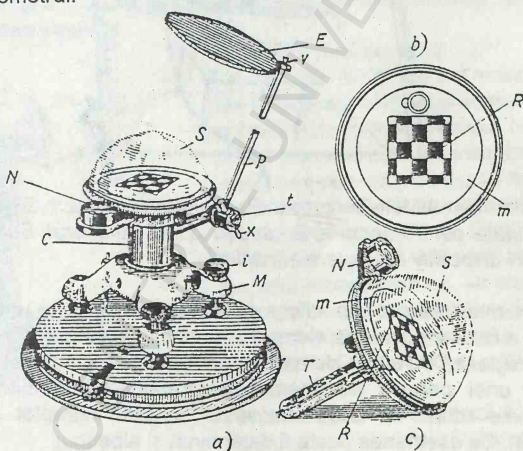


Fig. 9 Piranometrul P-3x3

(a-aparatul propriu-zis; b- piesa receptoare; c- capul piranometric)

De partea receptoare a aparatului mai este fixată o diafragmă, care se află în același plan cu termobateria. Aceasta este decupată, pentru a lăsa libere termosudurile.

Piesa receptoare este ținută strâns de un inel metalic, care fixează și o calotă semisferică de sticlă S , care are rolul de a proteja această piesă de acțiunea vântului și a precipitațiilor. Partea receptoare a piranometrului se înșurubează la suportul aparatului, care este format dintr-un tup metalic T , fixat pe un trepied M . Acest suport se poate roti în jurul axului vertical. Pentru așezarea piesei receptoare în poziție perfect orizontală, aparatul este prevăzut cu o nivelă cu bulă N , fixată pe placa metalică a corpului aparatului.

În timpul determinărilor se folosește ecranul de umbrire E , care se fixează cu șurubul v de tija metalică p , care la rândul ei se fixează pe pârghia suport t , prin strângerea șurubului x .

Indicațiile piranometrului precum și sensibilitatea acestuia depind de incidența razelor solare, adică de înălțimea și azimutul soarelui.

Solarimetrul Moll-Gorcynski

Din multitudinea de piranometre se mai prezintă și solarimetrul Moll-Gorcynski (figura 10).

Aparatul deține ca element sensibil o placă înnegrită de 1 cm^2 , montat orizontal sub o emisferă de sticlă cu pereții dubli. Acesta absorbe radiația globală și se încălzește, temperatura fiind măsurată pentru intensitatea radiației globale. Diferența de temperatură este sesizată cu ajutorul unei baterii de termoelemente a cărei sudură rece se află în atmosfera liberă, protejată de o placă albă de protecție. Solarimetrul măsoară numai radiația globală de lungime scurtă de undă, întrucât emisferile de sticlă nu sunt penetrate de către radiațiile cu lungimi mari de undă.

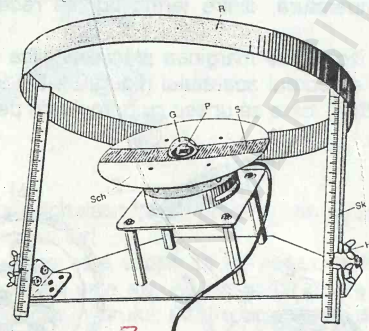


Fig. 10 Solarimetrul Moll-Gorcynski: P - elementul sensibil; G - emisferă dublă de sticlă; R - inelul pentru umbrire; S - umbra lăsată pe aparat; Sch - placă de protecție, H dispozitiv de reglare a înălțimii

Pentru determinarea radiației difuze se montează inelul de umbrire care împiedică incidența directă a razelor solare pe elementul sensibil. Înălțimea și înclinarea acestui inel de umbrire se reglează în funcție de anotimpuri (traectoria soarelui).

Utilizarea unei perechi de asemenea piranometre permite calculul bilanțului radiativ de lungime scurtă de undă (elementul sensibil îndreptat spre sol - măsoară radiația reflectată). De asemenea poate fi determinat și albedoul.

Albedometrul de stație

Albedometrul de stație (sau fix) se utilizează pentru determinarea intensității radiației directe și difuze, precum și a radiației reflectate.

Aparatul este format dintr-un cap piranometric și dintr-un suport special amenajat pentru întoarcerea acestuia cu partea receptoare în jos (spre suprafața activă), în scopul determinării intensității radiației reflectate (figura 11, a și b). Suportul aparatului este format dintr-un tub metalic t , fixat de placa metalică p , cu ajutorul unui șurub. Acest suport se poate roti în jurul axului vertical și totodată se poate întoarce cu piesa receptoare în jos. La partea laterală a suportului se află un orificiu, în care se introduce dispozitivul de uscare U al albedometrului. Tot pe suportul acesta este fixată și tija T cu ecranul de umbrire.

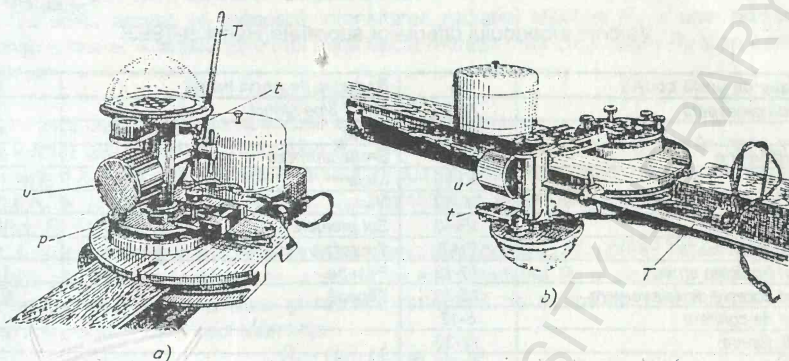


Fig. 11 Albedometrul de stație (a-pozitie normală; b-îndreptat spre sol)

În certificatul de etalonare al aparatului sunt indicate aceleași caracteristici ca și la celelalte aparate actinometrice.

Albedometrul portativ

Acesta este folosit pentru măsurători comparative ale albedoului diferitelor suprafețe. Albedometrul portativ este format din capul piranometric *P*, fixat de un mâner *N* cu suspensie cardanică *C*.

Acest cap este prevăzut cu o bucsă *B*, care se înșurubează de tub. În interiorul tubului se află o contragreutate de plumb. Pentru determinarea intensității radiației reflectate se rotește la 180° suportul albedometrului, iar piesa receptoare a acestuia se orientează în jos (figura 12 a). În timpul întoarcerii aparatului, contragreutatea alunecă în direcția bucsii, către partea inferioară a tubului.

Piesa receptoare se fixează orizontal și se face legătura bornelor aparatului cu conductorii, care comunică cu galvanometrul.

Pentru determinarea intensității radiației difuze, se umbrește cu ecranul respectiv, piesa receptoare a aparatului.

Ecranul albedometrului portativ este mai mare decât al piranometrului, având diametrul 15 cm. În timpul transportului aparatului, ecranul și celelalte piese se fixează de suportul cutiei (figura 12 b).

Din trusa aparatului mai fac parte și 3 vergele de 1 m, 1,5 și 2 m, pentru observații în condițiile de ecranare la diferite înălțimi.

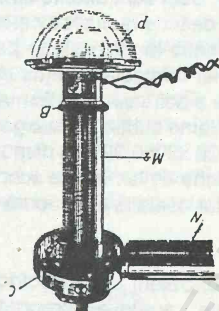


Fig. 12a Albedometrul portativ

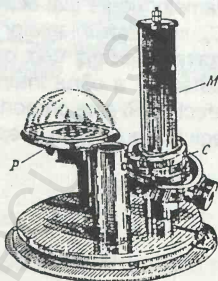


Fig. 12b Aparatul pregătit pentru transport

Valorile albedoului sunt determinate de capacitatea de reflexie a radiației manifestată de către anumite suprafețe. Această capacitate este influențată la rândul său de proprietățile și natura materialului din care este constituit obiectul supus radiației. În tabelul 3 se prezintă valorile albedoului pentru diferite suprafețe.

Tabelul 3

Valorile albedoului diferitelor suprafețe (Haeckel-1993)

Radiație de undă scurtă	%	Radiație de undă lungă	%
Zăpadă proaspătă	75-95	Metal bine șlefuit	98
Nori	60-90	Tablă	93
Zăpadă veche	40-70	Bronz-aluminiu	65
Ghetari	30-45	Nisip	10
Dune de nisip	30-60	Nori	10
Soluri nisipoase	15-40	Sol prelucrat	8
Soluri prelucrate	7-17	Suprafețe acvatice	4
Păduri tropicale umede	10-12	Pășune	1,5
Păduri boreale de foiașe-vara	15-20	Zăpadă	0,5
Păduri de conifere	5-12		
Pajiști, fânețe	12-30		
Beton	14-22		
Culturi agricole	15-25		
Livezi, vii	20-25		

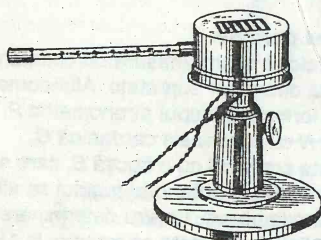


Fig. 13 Pirgeometrul

Pirgeometrul

Acest aparat se folosește pentru determinarea radiației efective. Deși sunt diferite tipuri de astfel de aparate, vom descrie numai pe cel mai utilizat. Pirgeometrul Savinov-lanishevski se bazează pe principiul curentilor termoelectrice (figura 13). Piesa receptoare a acestuia este formată din două perechi de lame subțiri de manganin cu dimensiunile de 20 x 3 x 0,02 mm dispus orizontal. O pereche de lame este acoperită cu negru de platin, iar cealaltă este aurită sau nichelată.

Pe părțile interioare ale acestora sunt lipite sudurile unei baterii termoelectrice, care se leagă prin conductori cu galvanometrul sensibil. Lamele aurite au proprietatea de a reflecta, aproape în întregime radiațiile de mare lungime de undă, capacitatea lor de a emite radiații fiind neglijabilă. În schimb lamele negre absorb radiațiile ce cad pe ele în totalitate și vor fi capabile de a emite radiația E_s în funcție de temperatura pe care o posedă (conform legii lui Stephan). În același timp asupra lamelor negre mai acționează și C_a , contraradiația atmosferei, astfel că în funcție de E_s și C_a , suprafețele lamelor negre se vor încălzi sau se vor răci. Între lamele negre și cele lucioase va exista, deci o diferență de temperatură și ca urmare, va apare un curent termoelectric, a cărui intensitate se determină cu galvanometrul. Valoarea intensității radiației efective R_f este proporțională cu pătratul intensității curentului termoelectric, adică conform legii lui Joule, vom avea :

$$R_f = E_s - C_a = \frac{0,24 \cdot v \cdot 60 \cdot i^2}{S} = K \cdot i^2 \quad (1)$$

în care valoarea constantei k se determină experimental, r - rezistența circuitului, S - secțiunea conductorului și 60 - timpul în secunde.

Aparatul mai este prevăzut și cu un termometru care măsoară temperatura în momentul determinării intensității radiației efective.

Cu acest aparat se măsoară intensitatea radiației efective R_s a unei porțiuni a suprafeței terestre. Aceasta este mai mică decât radiația unui corp negru R_n și se exprimă prin relația :

$$R_s = a R_n \quad (2)$$

în care a este coeficientul de absorbție al suprafeței terestre.

Pentru determinarea intensității R_s , se fac două măsurători : prima în care piesa receptoare a instrumentului este orientată în sus. În acest caz piesa receptoare va emite radiația R_e și va primi contra radiația C_a a atmosferei, astfel că galvanometrul va indica diferența $R_e - C_a$.

A doua determinare constă în întoarcerea pirgeometrului cu piesa receptoare către suprafața pământului, în care caz, aceasta va emite radiația R_e și va primi radiația R_s a suprafeței solului. Mai intervine și radiația reflectată de suprafața terestră $(1 - a)C_a$. Galvanometrul va indica deci diferența :

$$R_e - R_s - (1 - a) C_a \quad (3)$$

Diferența rezultantă între $R_e - C_a$ și ultima relație este dată de :

$$R_e - C_a - R_e - R_s - (1 - a) C_a = R_s - a C_a \quad (4)$$

însă $R_s = a R_n$ și deci :

$$R_s - a C_a = a R_n - a C_a = a (R_n - C_a) \quad (5)$$

adică, în adevăr diferența între indicațiile pirgeometrului dă valoarea radiației efective a suprafeței terestre.

Bilanțometrul

Bilanțometrul se folosește pentru determinarea bilanțului radiațiilor suprafeței active. Bilanțul de radiație reprezintă diferența dintre intensitatea radiațiilor primite și cele emise de către o suprafață activă. Determinările cu acesta se fac fără măsurarea intensității radiației directe (prin ecranarea piesei receptoare), care se determină concomitent cu actinometrul și care se adaugă la valoarea bilanțului. Numai în lipsa actinometrului se poate determina bilanțul radiațiilor, cu bilanțometrul, fără a folosi ecranul de umbră contra radiației solare directe (figura 14 a și b).

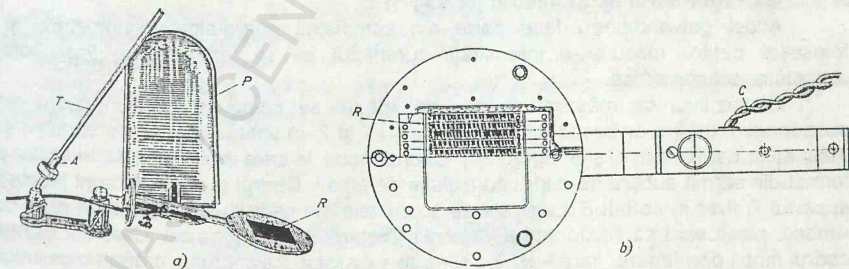


Fig. 14 Părțile componente ale bilanțometrului
(a- bilanțometrul ; b- piesa receptoare)

Aparatul are ca piesă receptoare două plăci identice formate din împletituri de fire de cupru, a căror suprafațe exterioare, au fost înnegrite, R.

Pe suprafețele interioare ale plăcilor este lipită termobateria, formată din benzi de constantan, care sunt înfășurate pe bare de cupru. Benzile sunt izolate de barele de cupru prin două foițe de hârtie îmbibate cu lac incolor. Benzile de constantan până la jumătate sunt argintate, astfel că pe fiecare placă, se află deasupra un rând de suduri de constantan și dedesubt un rând de argint (în număr de 30 fiecare). Capetele acestor benzi, care sunt înfășurate pe bare separate, sunt legate între ele în serie. Deasupra barelor se află placa superioară a bilanțometrului, care este izolată printr-un strat de foiță de hârtie. Pe partea inferioară a benzilor este lipită placa de jos a bilanțometrului. Piesa receptoare cu barele de cupru se află introdusă într-o tăietură pătrată a discului suport. Spațiul dintre plăcile receptoare ale termobateriei este izolat cu colofoniu sau lac incolor. De capetele termobateriei se atașează conductorii C de legătură cu galvanometrul. Acești conductori ies printr-un orificiu ale mânerului, care este fixat de corpul bilanțometrului. Pe părțile plane ale mânerului sunt înscrise cifrele 1 și 2, pentru ca determinările să se facă în aceeași poziție a plăcilor. Bilanțometrul mai are ca piesă anexă un ecran de umbră și tija de fixare T a acestuia. Ecranul și tija se pot fixa prin intermediul articulațiilor A. Ecranul are diametrul de 10 cm iar lungimea tijei de 50 cm.

În timpul determinărilor, bilanțometrul trebuie să aibe suprafețele receptoare perfect orizontale, folosindu-se în acest scop nivela ce este anexată aparatului. Placa superioară este influențată de radiația directă (în cazul când aparatul nu este umbrat), de radiația difuză, precum și de a atmosferei. Placa inferioară este influențată de radiațiile ce vin de jos (reflectată și radiația suprafeței active), adică radiațiile suprafeței de dedesubt. La rândul lor, fiecare din aceste plăci emit radiații de mare lungime de undă, a căror intensitate depinde de temperatura plăcilor.

În afară de aceasta se mai poate produce și schimbul caloric între corpul aparatului și mediul înconjurător. Datorită acestor influențe, între placa superioară și cea inferioară (și deci între sudurile respective) se stabilește o diferență de temperatură, care generează un curent termoelectric a cărui intensitate se măsoară la galvanometru.

Indicațiile bilanțometrului și sensibilitatea acestuia, depind de viteza vântului, astfel că în timpul determinărilor, aceasta trebuie măsurată la nivelul aparatului. Determinările cu acest aparat sunt raportate la condițiile de calm, prin aplicarea factorului de corecție pentru vânt, specificat în certificatul de etalonare. Acest factor reprezintă raportul dintre indicațiile bilanțometrului pe timp calm și indicațiile acestuia pentru iuțea respectivă a vântului.

Galvanometrul actinometric (G.S.A.-1)

Acest galvanometru face parte din complexul aparatelor actinometrice și se folosește pentru măsurarea intensității curentului ce se formează în termobateriile aparatelor actinometrice.

Dispozitivul de măsurat al galvanometrului se compune dintr-un cadru mobil, suspendat în lagăre de bronz în formă de benzi 1 și 2, în spațiul liber dintre vârfurile 4 ale magnetilor permanenți 5 și 6 (figura 15). Cadrul mobil, la care este fixat acul indicator este format din sârmă subțire de cupru cu izolație de email. Cadrul și magnetii sunt montați pe suportul 7, fixat în corpul 8. Lagărele de suspensie ale cadrului sunt fixate de niște bare. Ambele piese sunt confecționate din textolit (material electroizolator). Curentul ajunge în cadrul mobil prin lagăre, care servesc și ca axe de rotație a cadrului, creând momentul ce acționează în sens invers rotirii cadrului. De cadrul mobil este fixat acul indicator de sticlă (fig. 15 b). Capetele spirelor cadrului mobil al galvanometrului sunt sudate de clemele + și P, iar de clemele P și C sunt sudate capetele rezistenței suplimentare R. Când galvanometrul este conectat pentru măsurarea intensității curentului la clemele + și P intră, legată în serie și rezistența suplimentară.

Scara este gradată în 100 diviziuni și are două limitatoare pentru oprirea acului indicator. În canelurile scării sunt fixate o oglindă și un termometru alipit.

Corpul galvanometrului posedă un capac pentru protecția scării și a termometrului de influența vântului, prafului și precipitațiilor.

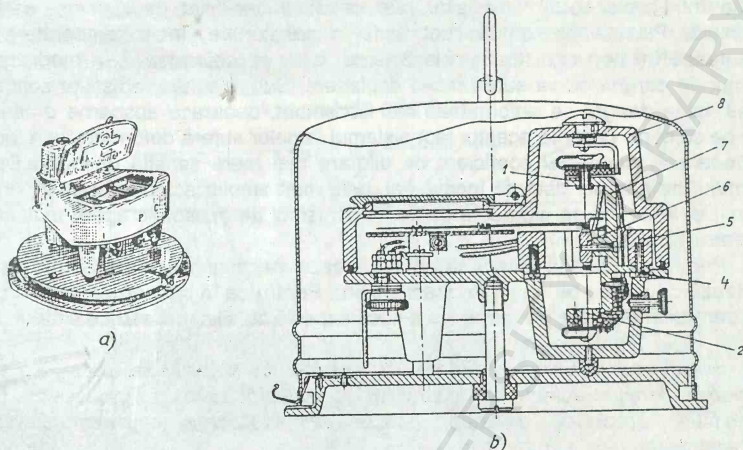


Fig. 15 Părțile componente ale galvanometrului
(a- galvanometrul GSA b- secțiune prin galvanometru)

În capacul galvanometrului, pe partea interioară se află schema electrică a galvanometrului. În partea superioară a aparatului se află un șurub în legătură cu o pârghie care acționează asupra furcii corectoare. Prin rotirea acestui șurub acul galvanometrului se fixează în poziția zero. Blocarea acului se face cu ajutorul altui șurub prin a cărei manevrare, circuitul electric al cadrului mobil al galvanometrului se scurtcircuitază. Prin aceasta, se atenuează oscilațiile în timpul transportului galvanometrului.

În certificatul de etalonare al galvanometrului sunt specificate următoarele : diviziunile galvanometrului în amperi; rezistența interioară în ohmi, rezistența suplimentară și corecția de scară.

Actinograful Robitsch

Pentru înregistrarea diurnă a radiației globale și difuze, se folosește actinograful (piranograful) cu lame bimetalice tip Robitsch (figura 16).

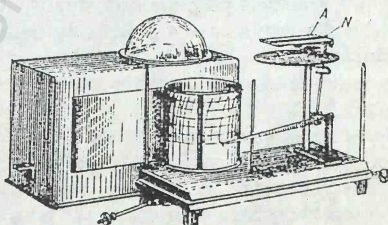


Fig. 16 Actinograful Robitsch

Acest aparat are ca piesă receptoare două lame bimetalice vopsite în alb A, iar între ele se află o lamă identică vopsită în negru N. Lamele albe sunt fixate rigid la un capete, iar la celălalt sunt legate cu extremitatea lamei negre. Lama neagră, fiind plasată între cele două lame albe, are capătul liber fixat de sistemul pârghiilor de transmisie. Pieseile aparatului sunt astfel dimensionate, încât temperatura mediului influențează în mod egal toate cele 3 lame, care se deformează în mod egal și deci sistemul de pârghii nu va suferi nici-o deplasare. Sub acțiunea radiațiilor solare a bolii cerești, lama neagră se deformează mai accentuat, deoarece absoarbe o cantitate mai mare de căldură. Datorită acestui fapt sistemul lamelor suferă deformare prin încovoire în jos, deoarece lamele cu coeficient de dilatare mai mare se află deasupra. Deplasarea sistemului de pârghii, datorită încovoierii, este mult amplificată prin brațele pârghiilor de transmisie, astfel că pe diagrama de pe mecanismul de ceasornic apare mult mărită (2,5 cm pentru 1 cal/cm² min).

Pentru ca radiația solară să nu influențeze mecanismul de ceasornic, aparatul se orientează cu partea de geam în direcția Nord. Pentru ca în interiorul aparatului, aerul să fie în permanență uscat, se introduce o mică capsulă cu silicagel sau cu clorură de calciu.

Studiu de caz

Studiul componentelor radiației și al bilanțului radiativ la nivelul ecosistemelor forestiere permite aprecierea condițiilor de desfășurare a proceselor fiziologice determinate direct de acestea, precum și explicarea cauzelor apariției unor disfuncționalități.

În figura 17 se prezintă modul de amplasare al piranometrului pentru studiu regimului radiativ la nivelul puietilor de zâmbru într-o stațiune cu afin și bujor de munte.

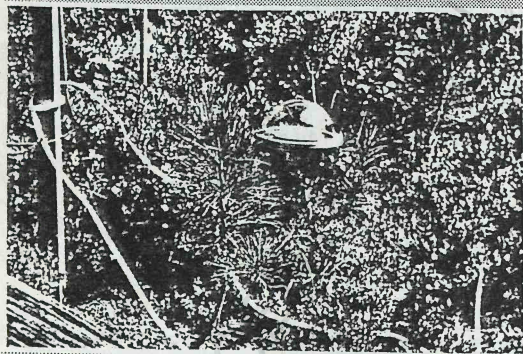


Fig. 17. Măsurători ale radiației globale la nivelul unei comunități vegetale subalpine (zâmbru + afin + bujor de munte) cu ajutorul piranometrului

Valorile radiației globale prezintă importanță pentru desfășurarea proceselor fiziologice vitale.

În figura 18 se prezintă frecvențele pe praguri de intensitate a radiației globale, cu punerea în evidență a limitelor de desfășurare a proceselor de fotosinteză a puietilor de zâmbru crescuți la lumină sau la umbră.

Au fost luate în considerare următoarele praguri fiziologice în cal. cm² min⁻¹:

0,7 - supra optimal

0,3 - 0,7 - optimal pentru puietii de zâmbru de lumină

0,2 - optimal pentru puietii de zâmbru de umbră

0,02 - 0,3 - limita fotosintezei puietilor de lumină

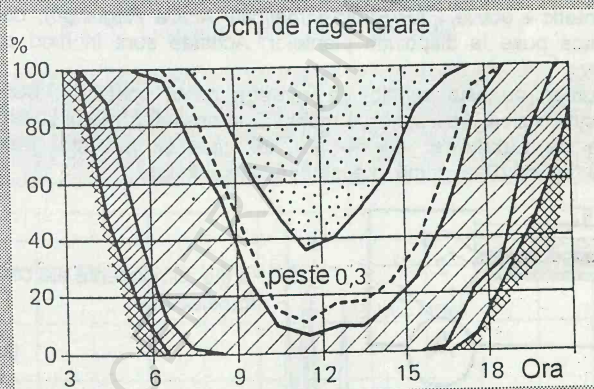
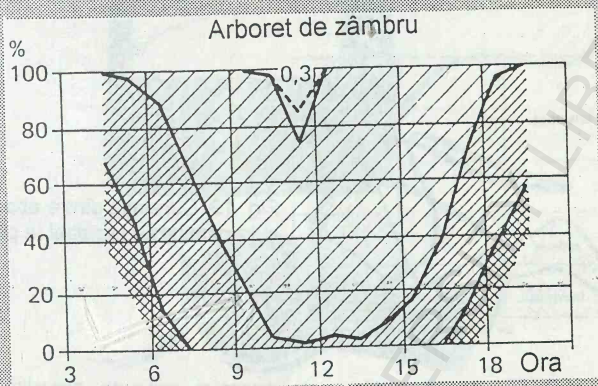
0,0017 - 0,2 - limita fotosintezei puietilor de umbră

0,02 - bilanț negativ pentru puietii de lumină

0,0017 - bilanț negativ pentru puietii de umbră.

Din graficele prezentate, rezultă că într-o zi medie din sezonul de vegetație puietii beneficiază de o cantitate de radiație peste pragurile fiziologice de desfășurare a fotosintezei practic numai în ochiurile mai expuse și numai între orele 6 - 16. În arboret acest lucru se petrece timp de 2 ore: între orele 10-12 și cu un procent destul de redus.

Asemenea cercelări sunt necesare în fundamentarea amestecului de specii, mării ochiurilor de regenerare, intensității tăierilor de îngrijire și de regenerare.



Valori ale radiației în $\text{cal} \times \text{cm}^{-2} \times \text{min}^{-1}$



peste 0,7
supraoptimal



0,2 - 0,7
optimal



0,02-0,2
deficit de lumină



0,0017-0,02
bilanț metabolic negativ



sub 0,0017

Fig. 18 Frecvențele intensității radiației globale înregistrate într-un ochi de regenerare a zâmbului și într-un arboret de zâmbu la altitudine de 1920 m în Tirol (Alpii austrieci) pentru o "zi caracteristică" din sezonul de vegetație a anului 1953

2.3 Măsurarea radiației fotosintetic active și a iluminării

În natură sunt puține suprafețe care absorb întregul spectru de radiație. Cele mai multe corpuri absorb selectiv radiațiile. Un exemplu se prezintă în figura 19 pentru plantele verzi.

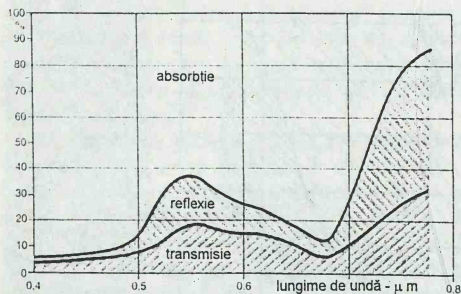


Fig. 19 Corelația dintre absorbție, reflexie și transmiterea radiației la plantele verzi

Întrucât pragurile de absorbție ale energiei radiante prezintă o importanță ecologică, s-au construit aparate de măsură, a căror bandă spectrală permite măsurarea radiației fotosintetic - active *PAR* (*Photosynthetically Active Radiation*), deci cunoașterea ofertei energetice puse la dispoziția plantelor. Acestea sunt în mod curent denumite senzori *PAR*.

Ochiul uman nu este sensibil la întreaga gamă spectrală. Sensibilitatea este limitată la spectrul vizibil. Aparatele ce măsoară intensitatea radiației din acest spectru poartă numele de **Luxmetre**. Aceste aparate care se bazează pe fenomenul de fotoelectricitate (figura 20) exprimă intensitatea luminii în luxi.

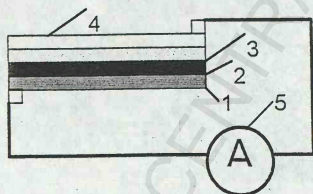


Fig. 20 Părțile componente ale celulei fotoelectrice

1. Placă din material conductor de electricitate; 2. Strat de material semiconductor (Seleniu); 3 - Strat de bază; 4 - Strat de material transparent; 5 - Ampermetru

Ampermetrul aparatului are pe aceeași scală, 4 domenii de măsură a intensității luminii : 0-100 lx; 0-1.000 lx; 0-10.000 lx și 0-100.000 lx. Primele două domenii s-au obținut prin intercalarea unei rezistențe electrice iar ultimele două prin interpunerea unui filtru ce diminuează de 100 de ori intensitatea luminii.

În figura 21 se prezintă aspectul general al luxmetrului .

Determinările de radiație în interiorul comunităților de plante se efectuează cu mare greutate din cauza structurii neregulate a covorului vegetal. Schimbarea poziției astrului solar produce translații importante ale alternanțelor lumină - umbră. De aceea aceste corelări se fac pe direcții bine materializate.



Fig. 21 Luxmetrul - prezentare generală

Studiu de caz

Un exemplu de regim al intensității luminoase determinat prin intermediul luxmetrului, pentru un arboret de zămbru se prezintă în figura 22.

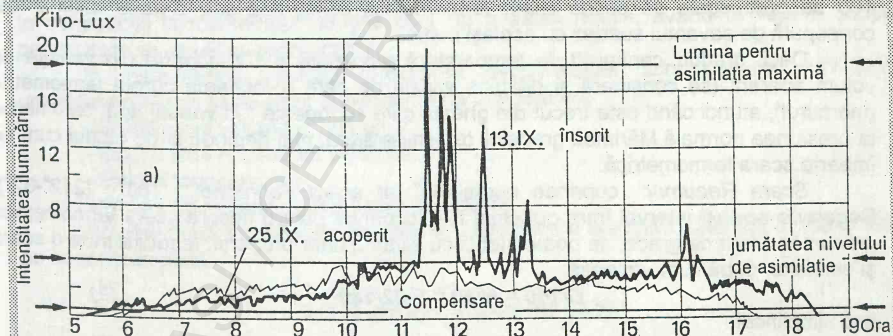


Fig. 22 Regimul intensității de iluminare într-un arboret de zămbru într-o zi senină și una cu cer acoperit în raport cu pragurile fiziologice (punctul de compensare - 150 lx jumătatea nivelului de asimilație - 7000 lx și intensitatea maximă 18.000 lx)

Experimente de genul celui prezentat mai sus, permit evaluarea ritmului ziinic al proceselor fotosintetice în raport cu condițiile de iluminare. După cum se poate vedea, în zilele acoperite, nu este atins pragul de 4000 lx ce semnifică nivelul pentru care procesul fotosintetic să se desfășoare la jumătate din intensitate. Chiar în zilele senine pragul de iluminare pentru o asimilație minimă este atins numai episodic.

3 MASURAREA TEMPERATURII

3.1 Aspecte generale

Temperatura caracterizează starea de răcire sau de încălzire a unui corp. Orice variație în starea de încălzire a unui corp produce o schimbare a caracteristicilor fizice și geometrice ale acelui corp. Această schimbare constituie principiul care stă la baza construcției instrumentelor pentru măsurarea temperaturii, adică a termometrelor.

Cu ajutorul termometrului se stabilește raportul, care există între caracteristicile geometrice ale unui corp și între temperatura mediului cu care acesta vine în contact. Astfel, termometrul introdus în mediul ce se cercetează, capătă temperatura acestuia datorită schimbului de căldură și a tendinței de stabilire a echilibrului termic. Proprietatea ce stă la baza construcției termometrelor este, deci deformarea pe care o suferă corpurile gazoase, lichide și solide, sub influența variațiilor de temperatură. Această deformare este o dilatație sau o contracție a corpurilor, după cum acestea se află sub influența unei temperaturi mai ridicate sau mai scăzute. În cazul termometrelor, deformarea se traduce printr-o variație de volum a corpului sau a substanței termometrice. Pe baza variației de volum s-a ajuns la definirea gradului de temperatură, adică a unității de măsură a temperaturii.

Dacă se consideră un corp termometric, adică un mic rezervor de sticlă sudat la un tub foarte îngust (capilar), în care se află lichidul termometric (mercur) atunci când corpul termometric va fi introdus în gheață care se topește, lichidul se va contracta, iar la un moment dat, nivelul său va deveni staționar fiind însemnat cu zero. Dacă după aceasta același corp termometric este introdus cu rezervorul în vaporii apei care fierbe (la presiunea normală), atunci mercurul se va dilata, urcând în tub; la un moment dat, nivelul mercurului va rămâne constant. Nivelul superior al mercurului se notează cu 100.

În acest mod s-au stabilit **punctele fixe** ale termometrului, iar intervalul dintre aceste **puncte fixe**, constituie **scara termometrică**. Dacă acest interval se împarte în 100 de părți egale se obține *scara termometrică centigradă* sau *Celsius* care a fost concepută de savantul suedez cu același nume.

Deci, gradul centigrad de temperatură reprezintă a 100-a parte din variația de volum aparent (se consideră și dilatația sticlei) pe care o încearcă corpul termometric (mercurul), atunci când este trecut din gheața care se topește, în vaporii apei care fierbe la presiunea normală. Mărimile gradelor de temperatură, mai depinde și de modul cum se împarte scara termometrică.

Scara Reaumur cuprinde numai 80° iar *scara Fahrenheit* 180° (212°-32°). Deoarece același interval între punctele fixe, cuprinde pentru fiecare scară termometrică un număr diferit de grade, se poate stabili cu ajutorul unor proporții, legătura între o scară și celelalte, după cum urmează:

$$C/100 = R/80 = F-32/180 \quad (1)$$

sau simplificat :

$$C/5 = R/4 = F-32/9 \quad (2)$$

Aceste proporții, permit trecerea de la o scară termometrică la alta, astfel :

$$t_c = 5t_r/4 = 5/9 (t_f - 32) \quad (3)$$

$$t_r = 4t_c/5 = 4/9 (t_f - 32) \quad (4)$$

$$t_f = 9/5 (t_c + 32) = 9/4 (t_r + 32) \quad (5)$$

De remarcat că egalitatea diviziunilor, ce reprezintă gradele pe întreaga scară a termometrului, arată că există o relație liniară între temperatură și variația volumului lichidului termometric.

Când termometrul este introdus în mediul a cărui temperatură se determină, el nu va căpăta instantaneu temperatura mediului, ci între termometru și mediu, va începe să se producă un schimb de căldură, conform relației :

$$dQ = I \cdot S (t - t_m) d\theta \quad (6)$$

în care dQ este cantitatea de căldură pe care o pierde sau o primește termometrul, (după cum acesta are o temperatură mai ridicată sau mai coborâtă decât mediul în care se va introduce), într-un interval de timp dQ ; I este un coeficient de schimb caloric cu mediul; S este suprafața termometrului ce vine în contact cu mediul, a cărui temperatură se determină, t este temperatura termometrului la un moment dat și t_m , temperatura mediului, considerată constantă.

În timpul schimbului caloric, temperatura termometrului se va modifica, în funcție de cantitatea de căldură primită de la mediul în care este introdus sau cedată acestuia.

Această cantitate de căldură se mai exprimă prin relația

$$dQ = cM dt \quad (7)$$

în care c este căldura specifică a substanței din care este confecționat termometrul, M masa termometrului și dt variația de temperatură provocată de cantitatea de căldură (sau fluxul de căldură), ce se propagă de la mediu la termometru.

Deoarece schimbul de căldură între termometru și mediul în care acesta se introduce, se produce până în momentul stabilirii echilibrului termic, adică până în momentul când cele două cantități de căldură exprimate prin relațiile (6) și (7) devin egale, purtem scrie :

$$- I S (t - t_m) d\theta = c \cdot M \cdot dt \quad (8)$$

unde rezultă că:

$$dt/d\theta = -IS/MC \cdot (t - t_m) \quad (9)$$

în care $dt/d\theta$ reprezintă viteza de variație a temperaturii termometrului, adică viteza cu care termometrul capătă temperatura mediului în care este introdus.

Din relația (9) se deduce viteza cu care termometrul capătă temperatura mediului cu suprafața termometrului, cu diferența de temperatură $t - t_m$, precum și cu coeficientul I de schimb caloric și invers proporțional cu MC adică cu capacitatea calorică a termometrului. În construcția termometrelor se ține cont de această relație, având în vedere scopul pentru care se va utiliza termometrul.

În meteorologie, pentru măsurarea temperaturilor sunt cel mai utilizabile următoarele efecte fizice, strict dependente de temperatură :

- Modificarea volumului corpurilor;
- Modificarea rezistenței electrice;
- Efectul termoelectric;
- Emisia de radiație - după legea lui Planck.

Primele două efecte sunt utilizate în măsurătorile standard, ultimele în măsurători cu caracter special.

3.2 Termometrele cu lichid

3.2.1 Termometrul cu mercur

Instrumentul clasic de măsurare a temperaturilor este termometrul cu lichid. El conține mercur, toluen sau alcool, substanțe ce își modifică volumul în interiorul unui tub capilar. Este format din :

- rezervorul termometrului, având diferite forme;
- tubul capilar, ce face corp comun cu rezervorul;
- scara termometrului, confecționată din porțelan alb, ce este fixată de capilar.

Scara și tubul capilar sunt introduse într-un tub protector de sticlă și fixate prin garnituri.

Limitele scării termometrului pot fi cuprinse între -35°C și $+50^{\circ}\text{C}$, uneori mai extinse. Fiecare grad este împărțit în 5 diviziuni (valoare : $0,2^{\circ}\text{C}$) ceea ce permite aprecierea zecimii de grad. Gradele sunt înscrise cu valori din 10 în 10.

La citirea temperaturii pe astfel de instrument, este necesar ca raza vizuală să fie tangentă la meniscul coloanei de mercur, pentru a se preîntâmpina producerea erorilor de observare.

3.2.2 Termometrul de maximă

Permite măsurarea și înregistrarea celei mai ridicate temperaturi produse în intervalul dintre două citiri.

Amănuntul de construcție ce îl deosebește de termometrul ordinar este un știft de sticlă situat în partea inferioară a rezervorului și care pătrunde în capătul inferior al tubului capilar, determinând un orificiu inelar prin care mercurul trece mai greu, sub forma unor picături fine. În cazul scăderii temperaturii, forțele de frecare ce iau naștere, depășesc forțele de coeziune ale mercurului ce se contractă, astfel încât coloana se întrerupe meniscul rămânând în dreptul dilatării maxime a mercurului, corespunzătoare celei mai ridicate valori de temperatură înregistrate.

Poziția termometrului de maximă este orizontală (figura 23 a) pe suport, fiind puțin înclinat spre rezervor. Repunerea în stare operațională se face prin scuturare. Scara termometrului de maximă este gradată între -30°C și $+50^{\circ}\text{C}$ din $0,5^{\circ}\text{C}$ în $0,5^{\circ}\text{C}$.

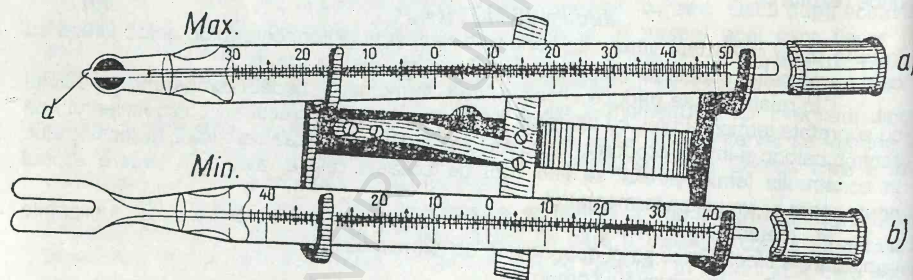


Fig. 23 Termometrul de maximă (a); termometrul de minimă (b)

3.2.3 Termometrul de minimă

Permite măsurarea și înregistrarea celei mai scăzute temperaturi ce a avut loc în intervalul dintre două citiri consecutive (figura 23 b).

Lichidul termometric este constituit din alcool (datorită fluidității mai mari) iar rezervorul este sub formă de furcă, pentru un contact mai bun cu mediul de măsurat (o inerție termică mai ridicată). În interiorul tubului capilar se află un indice din porțelan închis la culoare, îngroșat la ambele capete. Termometrul de minimă este pus în stare operațională prin aducerea indicelui în capătul coloanei lichidului termometric - opus rezervorului. Scăderile de temperatură determină contracția alcoolului care sub influența forței de menisc (tensiune superficială) va antrena și indicele ce va indica cel mai redus

nivel de temperatură, întrucât atunci când temperatura crește, alcoolul se prelinge pe lângă indice, fără a-l deplasa. Temperatura minimă se citește la capătul indicelui opus rezervorului. Scara termometrului este gradată de la -40°C la $+40^{\circ}\text{C}$ cu diviziuni de $0,5^{\circ}\text{C}$.

3.2.4 Termometrul Six - Bellani

Este utilizat pentru determinări rapide ale temperaturilor maxime, minime și a celei din momentul observației (ordinară).

Acest termometru este format dintr-un tub capilar în formă de U, terminat la ambele capete cu câte un rezervor (figura 24).

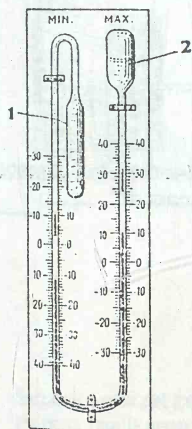


Fig. 24 Termometrul Six-Bellani

Rezervorul din stânga (1) cel principal, este complet umplut cu alcool și numai acesta sesizează variațiile de temperatură; rezervorul din dreapta (2) este parțial umplut cu alcool și se numește rezervor de nivelare.

Ambele rezervoare sunt unite printr-un tub capilar, în care se află alcool și câte un indice metalic, iar în curbura tubului capilar se găsește mercur, care desparte coloanele de alcool din cele două ramuri ale tubului.

Tubul capilar al termometrului este fixat pe o placă de porțelan alb pe care este imprimată scara termometrului.

Dacă temperatura mediului crește, alcoolul din rezervorul principal se dilată și împinge coloana de mercur înspre ramura cu rezervorul de nivelare.

Alcoolul însă, în deplasarea sa se prelinge printre indice și pereții tubului capilar, astfel că indicele rămâne staționar și va arăta în dreptul capătului inferior, temperatura minimă.

Între timp coloana de mercur din ramura cu rezervorul de nivelare a deplasat indicele din această ramură, care va arăta la capătul inferior, temperatura maximă.

Temperatura din momentul observației se poate citi la unul din capetele coloanei de mercur din termometru. În cazul scăderii temperaturii mediului, lucrurile se petrec invers. După citirea temperaturilor, termometrul se operează aducându-se cu ajutorul unui magnet, cei doi indici tangenți la capetele coloanelor de mercur din ambele ramuri. Acest termometru se instalează la umbră și într-un loc cu ventilație corespunzătoare, în cazul că nu se utilizează adăpostul de instrumente.

Pentru măsurători de temperatură a aerului fără a se utiliza apărători

meteorologice se pot folosi termometrele cu ecran protector. Acesta are rezervorul protejat de ecrane speciale sub formă de pâlnii duble confecționate din metal de culoare albă sau nichelate. Aceste termometre pot fi folosite în baterii așezate pe verticală, fapt ce permite stratificarea pe profil a temperaturilor. În figura 25 se prezintă aspectul general al acestui instrument.

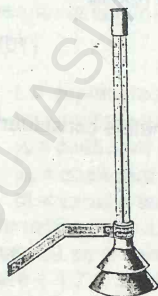


Fig.25 Termometrul cu ecran protector

3.3 Termometre cu lamă bimetalică

Termometrele cu lamă bimetalică se bazează pe proprietatea unor metale de a-și modifica în mod diferit dimensiunile sub acțiunea schimbărilor de temperatură. Piesa sensibilă în acest caz o constituie lama bimetalică de diferite forme, cu un capăt fix și celălalt mobil pus în legătură printr-un sistem de pârghii cu acul indicator ce se mișcă în fața unui cadran gradat.

Astfel modificările de temperatură vor fi marcate de lama bimetalică apoi indicate pe cadran. În figura 26 se prezintă un astfel de termometru utilizat în industrie în special. Precizia acestuia este de $\pm 1\%$.

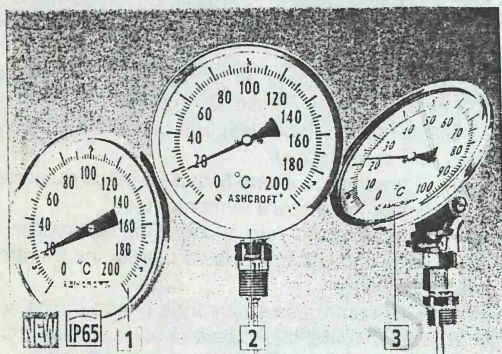


Fig. 26 Termometrul bimetalic cu cadran

3.3.1 Termograful

Cel mai utilizat aparat cu lamă bimetalică este termograful, care redă mersul temperaturilor cu ajutorul unui dispozitiv de înregistrare. Un astfel de aparat este constituit din 3 module :

- partea receptoare (elementul sensibil)
- mecanismul de transmisie
- mecanismul de înregistrare

Piesa receptoare este constituită din lame bimetalice în diferite variante constructive. Încovoierea "i" a lamei bimetalice este dată de relația :

$$i = \frac{L^2 (C_1 - C_2) \cdot t}{2g} \quad (10)$$

în care : L - lungimea lamei
 C_1, C_2 - coeficienții de dilatare a celor două metale constitutive a plăcii
 t - temperatura exterioară
 g - grosimea lamei bimetalice

deci :

$$\frac{L^2 (C_1 - C_2)}{2g} = K \quad (11)$$

rezultă că deformația lamei bimetalice este proporțională cu temperatura.

În figura 27 se prezintă schematic alcătuirea unui termograf.

Mecanismul de ceasornic poate fi reglat fie pentru regim de înregistrare zilnic, fie pentru regim de înregistrare săptămânal. Acesta din urmă corespunde mai bine metodelor de studii din ecosistemele forestiere.

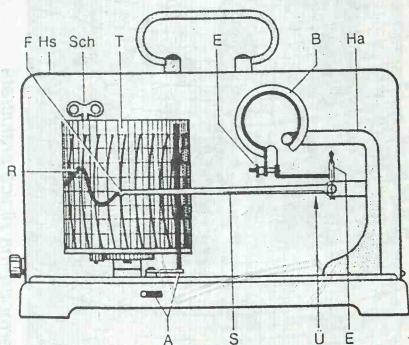


Fig. 27 Schema de alcătuire a termografului

B - inel bimetalic; Ha - suport metalic; U - mecanismul-pârghie; F - penița înregistratoare; S - brațul port-peniță; T - tamburul înregistrator; R - curba înregistrată; Sch - cheia de acces; A - pârghie de manipulare a brațului port-peniță; E - șurub de reglare; Hs - carcasă de protecție.

Suportul utilizat pentru înregistrarea informațiilor poartă numele de termogramă.

Pentru realizarea unor înregistrări corecte trebuie să se acorde o mare atenție întreținerii aparatului, funcționării mecanismului de ceasornic, punerii în stare operațională și prelevării diagramei, notării orelor de punere și ridicării acesteia, precum și modulului de aplicare a corecțiilor.

Deși aceste operațiuni par laborioase, nu trebuie uitat că un aparat înregistrator înlocuiește prezența continuă a observatorului. În figura 28 se prezintă o termogramă săptămânală cu datele ce au fost necesare pentru descifrarea ei și aplicarea corecțiilor.

De menționat că în țară se găsesc diferite tipuri de termografe (URSS, Rossel, Junkalor, Fischer) care sunt variante constructive ale termografului cu lamă bimetalică.

Mai există și termografe ce utilizează ca element sensibil un tub etanș umplut cu un lichid organic (alcool, toluen, petrol) numit tub Bourdon, ce înregistrează variații de volum sub influența schimbărilor de temperatură.

Deplasarea la capătul liber al tubului este dată de relația:

$$L = l (\gamma_e - \gamma_m) dt \quad (12)$$

în care :

L = deplasarea tubului

l = lungimea tubului

γ_e = coeficient de dilatare a lichidului

γ_m = coeficient de dilatare a metalului tubului

dt = variația temperaturii

Aceste termografe se întâlnesc sub variantele R. Fuess, Richard, Bourdon.

În figura 29 se prezintă termograful Vision, echipat cu ceas de cuarț, cu trei cicluri de înregistrare (1,7, 32 de zile), cu tambur de 90 mm cu rezoluția de 1°C, cu penițe capsulate, evitându-se astfel neajunsurile utilizării cernelii necorespunzătoare.

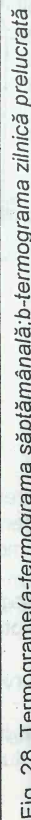


Fig. 28 Termograme(a-termograma săptămânală,b-termograma zilnică prelucrată
eximul rând de cifre - valori înregistrate; al doilea rând de cifre - corecții; al treilea rând de cifre - valori corectate)

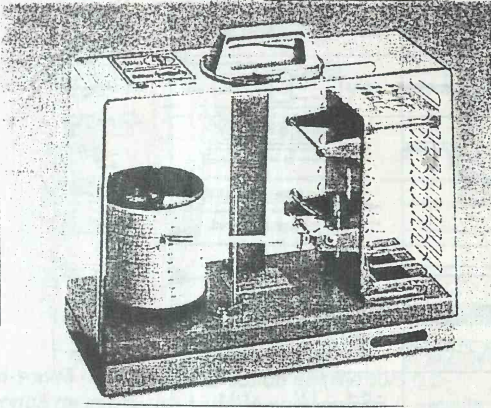


Fig. 29 Termograful Vision cu lamă bimetalică

3.4 Termometre cu rezistență electrică

Măsurătorile cu acest tip de aparate se bazează pe proprietatea modificării rezistenței electrice a unui anumit conductor la schimbările de temperatură.

3.4.1 Termometre cu rezistență

Rezistența unui metal este variabilă în raport cu temperatura la creșterea temperaturii; rezistența crește iar la coborârea temperaturii aceasta scade (vezi experiențele referitoare la supraconductivitate). Legătura dintre rezistența electrică și temperatura unui conductor se exprimă prin relația:

$$R_t = R_0 (1 + at + bt^2) \quad (13)$$

în care :

R_t = rezistența electrică a conductorilor la temperatura t

R_0 = rezistența electrică a conductorului la temperatura de 0°C

a = coeficient (unitar) de variație a rezistenței electrice la modificarea cu 1°C a temperaturii

b = constantă dependentă de metal

Cei mai utilizați conductori sunt platina (procedeul cunoscut sub numele de Pt - 100 DIN) - datorită faptului că la 0°C prezintă o rezistență de 100Ω). Elementul termosensibil este constituit din acest conductor al căror parametri sunt cunoscuți. Bornele lui se leagă la un dispozitiv de măsurare a rezistenței electrice. Aceste termometre sunt utilizate pe scară largă în măsurarea temperaturii în zone punctiforme - senzorii pot avea dimensiuni între 2 mm și 1 cm (figura 30). Ele se remarcă prin precizie bună, stabilitate și repetabilitate a rezultatelor. Distanța dintre senzor și înregistrator poate fi de până la 20 m.

Un aparat de acest gen, este prezentat în figura 31.

Acest aparat se distinge printr-o precizie foarte ridicată ($0,03^\circ \text{C}$), într-un domeniu de măsurare cuprins între -200 și $+200^\circ \text{C}$. Poate fi dotat cu interfață ce-i permite comunicarea cu un calculator compatibil IBM.

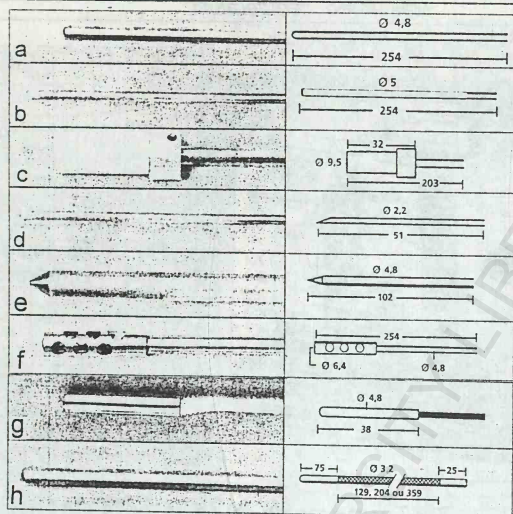


Fig. 30 Sondă Pt 100 de diferite forme și utilizări
(a-sondă de imersiune; b-sondă pentru uz general-teflon; c-sondă de suprafață; d,e-sonde de penetrare; f-sondă aer/gaz; g- sondă de mare temperatură în fibră de sticlă; h-sondă flexibilă)

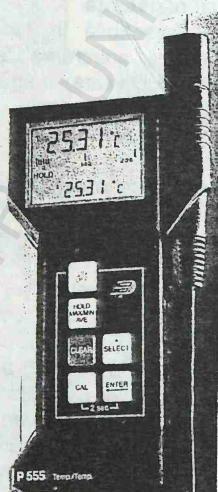


Fig. 31 Termometrul Pt 100 bicanal

3.4.2 Termistorii

Captorii sunt piese ceramice sau semiconductori ce-și pot modifica invers proporțional rezistența la schimbarea temperaturii. Domeniul optim de măsurare este cuprins între 0 și 100°C. De aceea sunt recomandate pentru aplicații cu caracter biologic și medical. Sonda poate avea dimensiuni diferite (figura 32). Acest lucru îl face extrem de util în cercetări de finețe cu caracter ecologic. În figura 33 se prezintă un aparat sistem multicanal din ultima generație.

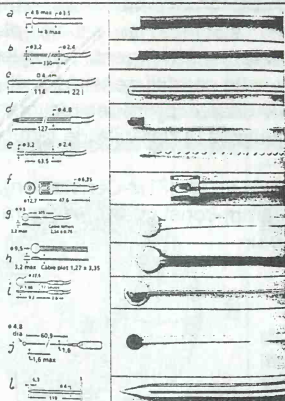


Fig. 32 Sonde termistori

(a-sondă universală; b, e-sonde semiflexibile; c, d-sondă de imersiune; f-sondă aer/gaz; g, h, i, j, -sonde de suprafață; l-sondă de penetrare)

Acest aparat prezintă un sistem automat de baleiaj pentru supravegherea vizuală a celor 5 parametri în intervale de timp de o secundă, repunerea la zero a valorilor maxime, minime și medii. Rezoluția este de $0,01^{\circ}\text{C}$ - valori medii și extreme pentru fiecare canal. Este echipat cu termistori YSI 400 și YSI 700.

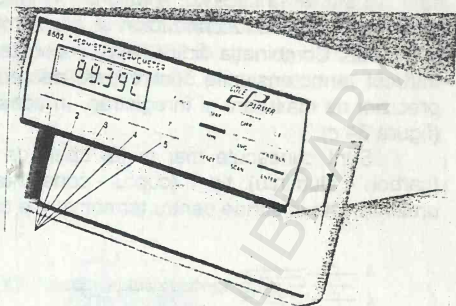


Fig. 33 Termometru înregistrator 5 canale

3.5 Termometre cu termocuplu (termoelemente)

Pentru măsurarea temperaturii unor obiecte extrem de mici sunt necesari senzori de mici dimensiuni, care să nu aibă nevoia unei protecții împotriva radiației directe, deci microclima să nu fie influențată de prezența instrumentului.

În afara termometrelor cu termistori, asemenea performanțe se pot obține și cu ajutorul termometrelor cu termocuplu (figura 34 a).

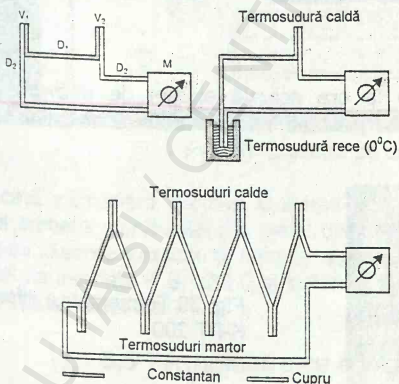


Fig. 34 Măsurarea temperaturii cu ajutorul termocuplurilor (a - principiul termoelectric b - termoelement cu o sudură - maror termostată, c - baterie de termoelemente)

Un termocuplu este format dintr-un conductor de metal (D_1) sudat la ambele capete de un al doilea conductor dintr-un metal diferit (D_2). Dacă cele două termosuduri V_1 și V_2 sunt puse în condiții diferite de temperatură, la ambele capete libere ale conductorului D_2 va lua naștere o tensiune electrică, proporțională cu diferența de temperatură. Această tensiune este indicată de aparatul de măsură M . Termoelementele măsoară întotdeauna numai diferențe de temperatură. Pentru obținerea valorii absolute a temperaturii este necesar ca una din termosuduri să fie așezate în condiții cunoscute de temperatură (maror). Cel mai practic este ca aceasta să fie menținută în mod constant la 0°C .

Acest termometru poate lucra fie monocanal, fie bicanal, acționând pe o plajă largă de temperaturi. El asigură o precizie de 0,1%. Poate fi interconectat cu calculatoare IBM (fișiere în ASCII, compatibile Works, Excel) prin interfață RS232 C.

Un tip de termograf cu termocuplu se prezintă în figura 37.

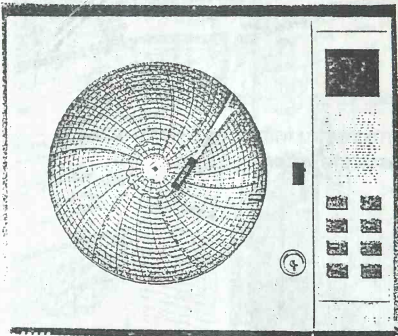


Fig. 37 Termograf cu termocuplu

Acest tip de aparat, utilizează diagrame circulare, precizia citirilor este de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, putând fi reglat pentru înregistrări de 1, 7, 14 și 31 de zile.

Un aparat ce permite și prelucrarea datelor este o centrală de colectare a datelor cu 32 de canale ce poate utiliza diverse termocupluri sau senzori de termistori sau termorezistențe, se prezintă în figura 38.

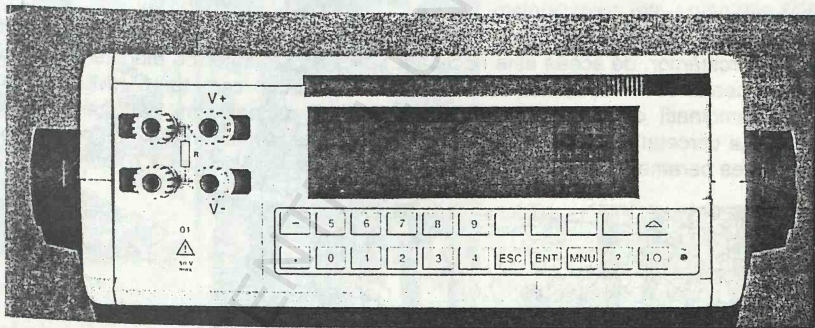


Fig. 38 Colector de date multicanal

Acest instrument permite stocarea a 14.000 - 60.000 de măsurători, afișarea grafică a curbelor pentru fiecare canal precum și prelucrarea datelor făcând operațiuni matematice diverse precum și valorile statistice elementare pentru diversele șiruri de observații via interfața R.S. 232 C și software special poate lucra în conexiune cu P.C. în aplicația Lotus, Excel etc.

3.6 Termometre cu senzori în infraroșu (IR)

Termometrele în infraroșu utilizează proprietatea corpurilor (plecând de la zero absolut) de a emite radiații de lungime de undă în infraroșu proporțională cu temperatura lor. Această proprietate numită emisivitate variază în raport cu suprafața obiectului de cercetat. Factorul de corecție este ajustabil de către utilizator. Măsurătorile se fac în banda spectrală de 8-14 μm pentru evitarea interferențelor parazite induse de

componente ale aerului. Pentru materializarea suprafeței investigate, la măsurătorile la distanță, aparatele din ultima generație, dispun și de emițătoare de fascicule laser.

Datorită facilităților pe care le oferă, acest gen de aparate sunt utilizate mai ales în investigațiile spațiale. Un termometru pentru utilizări terestre este prezentat în figura 39.

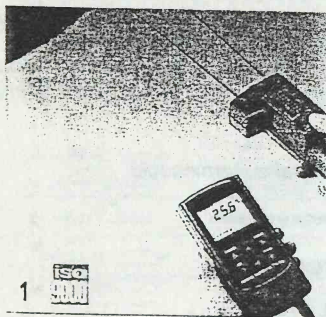


Fig. 39 Termometru infraroșu (IR) cu două fascicule laser

Acest termometru are raportul diametrul ariei scanate/distanță de 1/15. Poate măsura temperaturi cuprinse între -50 și $+500^{\circ}\text{C}$, puterea laserului fiind de 1 mV - echipat cu o baterie de 1,5 V.

Întreaga gamă de instrumente de măsură prezentată poate servi în mod diferit scopului cercetărilor, de aceea este necesară aplicarea criteriilor de alegere a aparaturii. Se menționează că în raport cu obiectivele cercetărilor în cercetarea silvologică pot fi utilizate combinații de instrumente care să permită cunoașterea cât mai veridică a fenomenului cercetat. În figura 40 se prezintă un adăpost meteorologic modificat pentru determinarea parametrilor meteo într-o pădure de larice la înălțimea de 70 cm.

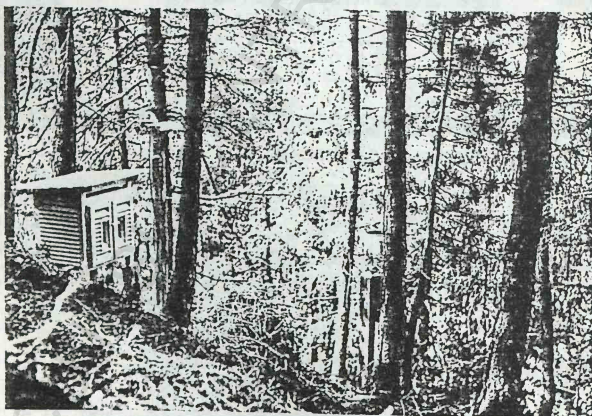


Fig.40 Punct pentru măsurători meteorologice într-o pădure de larice la înălțimea de 70 cm

În figura 41 se prezintă o stație meteorologică adaptată cercetărilor într-un arboreal tânăr de larice și zâmbru. Pe adăpostul meteorologic a fost montat un piranometru - stea, un heliograf și un evaporimetru Piche, pentru urmărirea concomitentă a diferiților parametri.

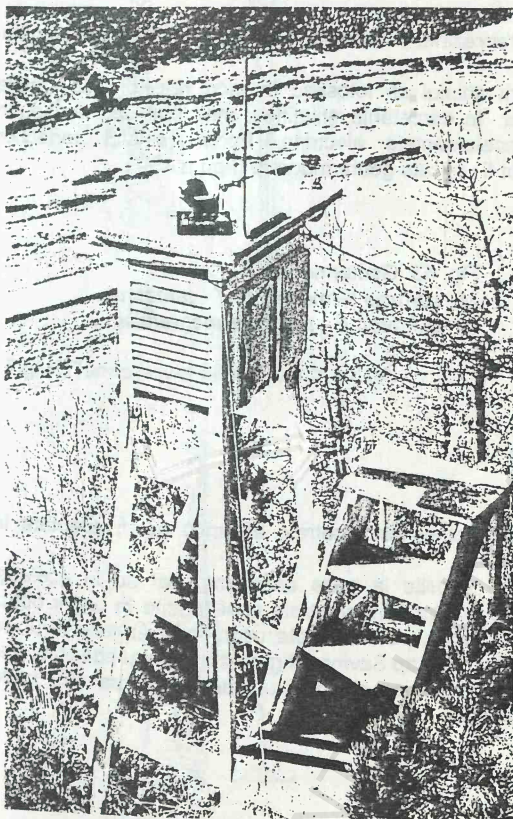


Fig. 41 Amplasarea instrumentelor pentru studiul parametrilor meteorologici într-o plantație (790 m altitudine)

Studiu de caz

Pentru ilustrarea modului de utilizare a măsurătorilor de temperatură a aerului, în figura 42 se prezintă în paralel mersul temperaturilor într-o pădure de amestec molid - pin cembra și teren descoperit într-o perioadă de 48 de ore.

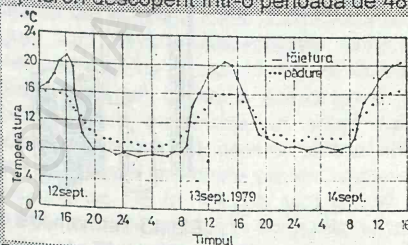


Fig. 42 Mersul temperaturii în pădure și teren descoperit în regim anticiclonic. Staționarul Călimani

Diferențierile au fost puse în evidență cu ajutorul termografelelor ale căror înregistrări au fost controlate și corectate prin intermediul termometrelor cu mercur.

3.7 Măsurarea temperaturii solului

Profilul termic și profilul hidric reprezintă coordonatele de bază ce definesc climatul solului.

Pentru măsurarea temperaturii solului se folosesc în mod obișnuit la stațiile meteorologice termometre cu mercur. În cercetările științifice, mai mult sau mai puțin temporare, se mai folosesc termoelementele electrice. Pentru studiul variațiilor temperaturii de la diferite adâncimi pot fi utilizate geotermografe (figura 43).

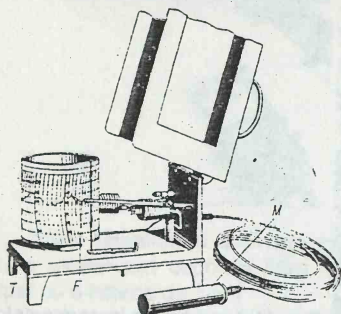


Fig. 43 Geotermograf
M - cartușul termometric; T - tamburul înregistrator; F - penița termografului

De altfel atât termoelementele, cât și termometrele electrice pot fi adaptate la sisteme înregistratoare.

Termometrele cu mercur pot fi folosite la orice adâncime, dar nu în aceleași condiții. Astfel, până la adâncimea de 30 cm, termometrele sunt îndoit în unghi obtuz deasupra rezervorului (unghi 130°) pentru a putea fi citite ușor, întrucât rezervorul se introduce orizontal în pământ - termometre de tip Savinov (figura 44). Pentru adâncimi mari se folosește încă la stațiile meteorologice dispozitivul Lamont (figura 45), unde termometrele sunt ținute în poziție verticală.

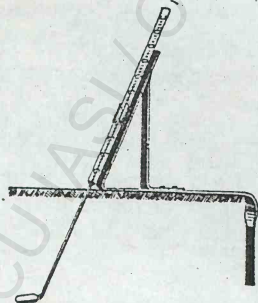


Fig. 44 Termometru de sol, tip Savinov

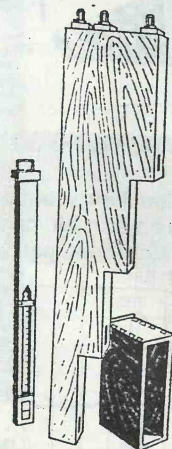


Fig. 45 Termometre de sol în dispozitivul Lamont

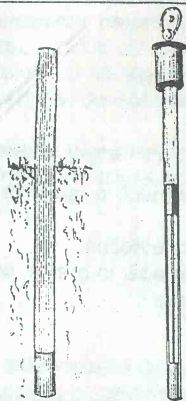


Fig. 46 Termometrul de sol în tub izolator

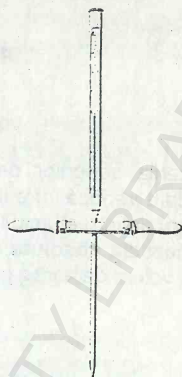


Fig. 47 Termometrul-sondă

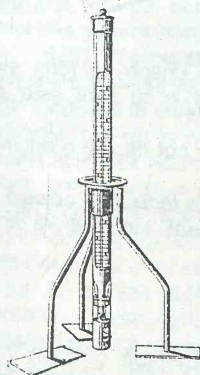


Fig. 48 Termometrul pentru măsurarea temperaturii la suprafața solului

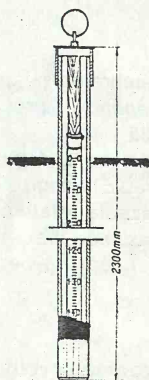


Fig. 49 Geoglaciometrul

Tot în poziție verticală se ține termometrul când se introduce în tuburile izolatoare de ebonită sau argilă arsă, pentru măsurarea temperaturilor la diferite adâncimi mai mari (figura 46). În același mod se folosește termometrul sondă (figura 47), atât de util pentru controlul temperaturilor în pepiniere și semănături. Pentru determinarea temperaturii la suprafața solului se poate folosi și un termometru obișnuit, așezat cu rezervorul direct pe sol (figura 48). Pentru temperaturile extreme la suprafața solului se folosește un termometru de maximă și unul de minimă, de tip obișnuit.

Adâncimea de îngheț a solului prezintă o importanță deosebită pentru lucrări silvotecnice și de construcții. În acest caz se poate folosi un aparat simplu, geoglaciometrul (figura 49), care nu este un termometru, ci un tub de cauciuc în care se introduce apă, închis la ambele capete, montat pe un baston de lemn și pozat în sol până la adâncimea de 1,6 m. Pe tub sunt gradații în centimetri, începând de la suprafața solului. Determinarea adâncimii de îngheț se face scoțându-se bastonul de lemn cu tubul de cauciuc, pipăindu-se cu mâna până la nivelul unde a înghețat apa și citind gradația respectivă.

4 MASURAREA UMIDITATII

4.1 Mărimi higrometrice

Prezența vaporilor de apă în atmosferă imprimă aerului o anumită stare de umiditate, care variază între limite destul de mari.

Pentru definirea umidității aerului se folosesc următoarele noțiuni :

- **umezeala absolută** a exprimă cantitatea de vaporilor de apă, în grame, conținută în unitatea de volum de aer ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Aceasta se exprimă prin relația :

$$a = \frac{1,06 \cdot e}{1 + \alpha t} \quad (1)$$

în care e este tensiunea actuală, în mm col. Hg, a vaporilor de apă din aerul atmosferic, α fiind coeficientul de dilatare al aerului și t temperatura acestuia. În cazul când e este dat în milibari, umezeala absolută se exprima prin relația :

$$a = \frac{0,81 \cdot e}{1 + \alpha t} \quad (2)$$

În meteorologie umezeala absolută se confundă uneori cu forța elastică sau *tensiunea vaporilor*, care se exprimă în mm sau milibari și cu care este aproximativ numeric egală.

Atât a cât și e depind de temperatura aerului și nu pot depăși o anumită valoare maximă (A sau E), în cazul aerului saturat cu vaporii.

- **umezeala relativă** R este definită de raportul dintre *tensiunea actuală* a vaporilor de apă și *tensiunea maximă* A vaporilor, considerate la aceeași temperatură din momentul determinării. Aceasta se exprimă prin relația :

$$R = \frac{e}{E} \times 100 \quad (3)$$

- **umezeala specifică** s exprimă cantitatea de vaporilor de apă, conținuți într-un kg de aer umed. Aceasta se exprimă prin raportul *greutatea vaporilor de apă/greutatea aerului umed*:

$$s = \frac{e}{p} \times 0,623 \quad (4)$$

în care e este tensiunea vaporilor și p este presiunea atmosferică.

În cazul aerului saturat, umezeala specifică devine maximă.

În cazul aerului saturat, umezeala specifică devine maximă.

- **temperatura punctului de rouă** τ este o altă mărime, care dă indicații asupra stării de umiditate a aerului.

La definirea acestei noțiuni se ajunge în felul următor :

Se consideră că o masă de aer se află la temperatura t^0 pentru care forța elastică a vaporilor este e . Dacă presiunea aerului se menține constantă și printr-un mijloc oarecare se produce scăderea temperaturii, când $e = E$ (adică aerul devine saturat), atunci temperatura aerului va deveni egală cu punctul de rouă τ .

Din momentul atingerii *stării de saturație*, orice scădere de temperatură va fi urmată de fenomenul *condensării*. Vaporii de apă în exces se vor depune sub formă de rouă, iar temperatura respectivă τ , se numește temperatura punctului de rouă (punct de rouă).

- diferența psihrometrică este dată de diferența dintre temperatura indicată de termometrul uscat și cel umed al unui psihrometru, adică $t' - T$. Valoarea acesteia va fi cu atât mai mare, cu cât aerul va fi mai uscat, deci mai departe de starea de saturație.

- deficitul de saturație D se exprimă prin relația :

$$D = E - e \quad (5)$$

- starea higrometrică S_h este dată de raportul dintre greutatea vaporilor de apă conținut într-un m^3 și greutatea aerului uscat, aflat în același volum, adică :

$$S_h = \frac{0,623 \cdot e}{p - e} \quad (6)$$

4.2 Instrumente cu citire directă

În determinările umezelii atmosferice, în meteorologie se folosesc instrumente care asigură precizia și rapiditatea acestora. Astfel se folosesc higrometrele de absorbție cu fir de păr pentru măsurarea umezelii relative și psihrometrele pentru măsurarea tensiunii vaporilor, care permit determinarea concomitentă a umezelii relative cu ajutorul tabelelor.

Pentru determinarea punctului de rouă s-au folosit higrometrele de condensare, însă ulterior s-a renunțat la ele, deoarece acest element poate fi determinat indirect din tabele, în funcție de umezeala relativă și de temperatura aerului.

4.2.1 Higrometre

Aceste instrumente se bazează pe proprietatea pe care o au firele de păr omenesc de a-și mări lungimea la creșterea umezelii și invers de a se scurta la micșorarea umezelii aerului. Variația însă nu este lineară. Proprietatea aceasta a fost semnalată pentru prima oară de către fizicianul Saussure, încă din anul 1783. Pe baza acestei caracteristici, el a confecționat primul instrument pentru determinarea umezelii aerului atmosferic în procente sau a umezelii relative.

Higrometrul (figura 50 a,b,c) este format dintr-un cadru C metalic de tablă, având în spate 2 jgheaburi. Într-unul se poate introduce, un cadru dreptunghiular de tablă, prevăzut cu tifon iar în celălalt exterior, un capac tot de tablă; jgheabul din față permite introducerea unui geam, prevăzut la partea superioară, cu un orificiu.

Aceste 3 piese nu se atașează higrometrului, decât în cazul când se procedează la verificarea acestuia. Deci, în mod normal, higrometrul descris, funcționează fără ele. În interiorul cadrului de tablă al higrometrului se află un suport metalic S în formă de U , de care, la partea superioară, prin intermediul unui șurub de reglare r se prinde și se înfășoară un capăt al firului de păr f , care se fixează cu un știft într-un orificiu.

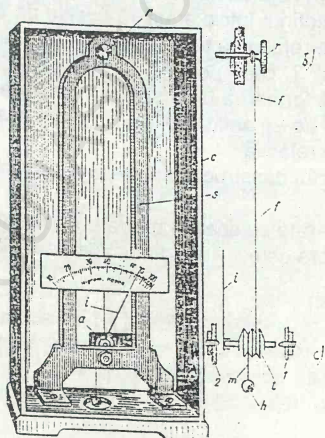


Fig. 50 Higrometrul Hoppe

a. higrometrul . b. dispozitivul care fixează părul la partea superioară; c. idem la partea inferioară

La partea inferioară, celălalt capăt al firului de păr, este fixat de axul unui scripet dublu t , cu ajutorul unui mic știft; trecând apoi printr-un orificiu de la marginea scripetului, firul de păr se înfășoară de 2-3 ori pe șanțul din spate al scripetului.

În șanțul din față se află firul de ață m , de al cărui capăt se atașează o bilă metalică h , care are rolul de a menține întins firul de păr.

Mecanismul funcționării higrometrului este următorul: sub influența variațiilor umezelii atmosferice, firul de păr se lungeste sau se scurtează, acționând asupra scripetului care se va roti, cu un unghi oarecare odată cu acul indicator l (fixat solidar pe axul scripetului). Acul se deplasează în fața scării, care este gradată din 5 în 5 procente de umezeală.

Higrometrul R. Fuess (cu cadran rotund)

Este un tip de higrometru mai puțin răspândit, dar destul de precis (figura 51)

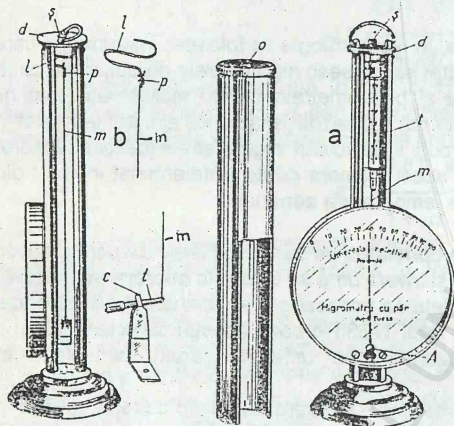


Fig. 51 Higrometrul R. Fuess cu cadran rotund

m - firele de păr; t - termometru
a. Higrometrul privit din față; b. idem privit lateral

El are ca piesă receptoare pentru umezeală 1-4 fire de păr m , fixate la partea superioară cu două mici șuruburi și cu o mică plăcuță metalică p , de lama arcuită. Această lamă este prinsă solid cu celălalt capăt, pe discul de susținere d .

Prin intermediul șurubului S , care se rotește cu ajutorul unei șurubelnițe se poate pune la o anumită valoare a umezelii relative, acul indicator al higrometrului. La partea inferioară, firele de păr sunt introduse în interiorul unui tub t , filetat la exterior, ce poate înainta într-un sens sau altul, în orificiul unei garnituri metalice circulare c , măbind sau micșorând amplitudinea instrumentului, în timpul etalonării acestuia.

Acul indicator al higrometrului este menținut într-o anumită poziție de echilibru prin intermediul unui arc în spirală A , care mai are rolul de a ține și firele de păr întinse. Pentru reglarea higrometrului se utilizează capacul 3, care posedă o căptușeală de păslă în interior, ce se îmbibă cu apă și care asigură formarea unei umezeli saturate de-a lungul mănunchiului de fire de păr. Capacul dispune de un orificiu O , prin care se poate introduce șurubelnița pentru a regla la 100% umezeala relativă.

Ca aparatură mai evoluată sub aspectul constructiv se prezintă termohigrometrul (figura 52).

După cum se poate observa, aceste aparate au scalele gradate în mod diferit, pentru maximile pe care le măsoară. Precizia acestora este $\pm 3\%$ din umiditatea relativă.

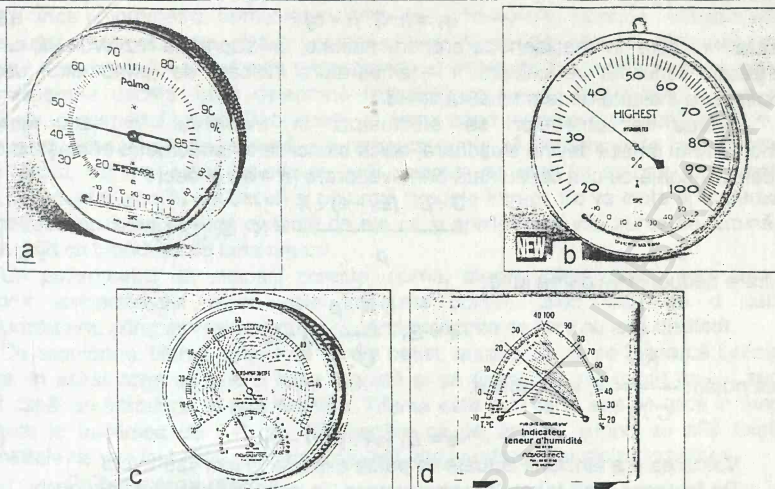


Fig. 52 Termohigrometre

a - termohigrometrul cu păr uman; b - termohigrometrul cu păr sintetic
 c - termohigrometrul pentru punctul de rouă; d - termohigrometrul pentru umiditate absolută

Psihrometrul

Instrumentul cu ajutorul căruia se determină tensiunea vaporilor de apă, din atmosferă, se numește psihometru. Psihometrele sunt de mai multe feluri; determinarea tensiunii la fiecare din ele se face însă pe baza indicațiilor de temperatură a două termometre identice, din care unul (cel din dreapta) are rezervorul acoperit cu tifon (batist), ce se poate umezi. Aceasta, se numește termometru umed al psihometrului; pe rezervorul căruia se produce fenomenul de evaporare, care depinde de starea de umiditate a aerului. Astfel, dacă mediul înconjurător este uscat, evaporarea pe tifonul umezit de pe rezervorul termometrului, se va produce mai intens. Deoarece evaporarea se efectuează cu absorbție de căldură, temperatura termometrului umed va scădea față de cea a termometrului uscat (din stânga) al psihometrului.

Diferența de temperatură între termometrul uscat (t) și cel umed (t_1) poartă numele de diferență psihometrică și este un indiciu al stării de umiditate al aerului.

După umezirea tifonului de pe rezervorul termometrului umed, producându-se evaporarea, aceasta va fi însoțită de absorbția unei cantități de căldură q , de la rezervorul termometrului care, conform legii lui Dalton, se exprimă prin relația :

$$q = \frac{C.S.(E_1 - e) \lambda}{p} \quad (7)$$

în care : C este un coeficient depinzând de viteza curenților de aer din atmosferă sau a curentului de ventilație din jurul rezervorului termometrului umed; S - suprafața evaporatoare a rezervorului termometrului umed; E_1 - tensiunea maximă a vaporilor de apă, la temperatura suprafeței rezervorului termometrului umed; e - tensiunea actuală a vaporilor aflați în aerul atmosferic, în momentul determinării ; p - presiunea atmosferică; λ - căldura latentă de vaporizare a apei.

Datorită însă faptului că, între rezervorul termometrului umed și aerul înconjurător se crează o diferență de temperatură, conform principiului lui Newton, spre rezervorul acestui termometru se dirijează o cantitate de căldură q_1 , care este dată de relația :

$$q_1 = k \cdot S \cdot (t - t_1) \quad (8)$$

în care : k - este un coeficient de proporționalitate; S - suprafața rezervorului, cu care se realizează schimbul de căldură; t - temperatura indicată de termometrul uscat; t_1 - temperatura indicată de termometrul umed.

Citirea termometrelor se efectuează în momentul în care temperatura termometrului umezit devine staționară, adică atunci când termometru primește o cantitate de căldură egală cu cea consumată prin evaporare ($q = q_1$) și deci :

$$\frac{C \cdot S \cdot (E_1 - e) \cdot \lambda}{p} = K \cdot S \cdot (t - t_1) \quad (9)$$

din care deducem valoarea lui e :

$$e = E_1 - \frac{K \cdot p}{C \cdot \lambda} (t - t_1) \quad (10)$$

Dacă notăm $\frac{K}{C \cdot \lambda} = A$, vom obține:

$$e = E_1 - A \cdot p \cdot (t - t_1) \quad (11)$$

Valoarea e a tensiunii actuale se poate exprima în mm sau în mb.

Se folosesc însă tabelele psihometrice, în care, pe baza ultimei relații, în funcție de t și t_1 , se găsesc valorile lui e .

Psihrometrul de stație fără aspirație (tip August)

Este alcătuit din două termometre ordinare identice (T și F), așezate vertical pe un suport S fixat în mijlocul adăpostului de instrumente.

Termometrele își păstrează verticalitatea prin fixare în clemele originale O și U (figura 53).

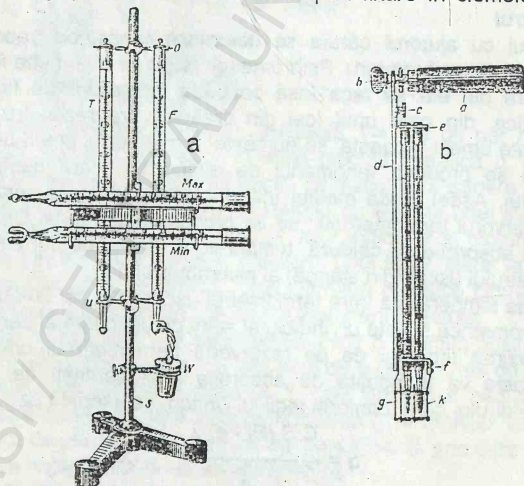


Fig. 53 Psihometre de tipuri diferite

a- psihrometrul de stație fără aspirație (tip August) b- psihrometrul praștie

Rezervorul termometrului din dreapta F este înfășurat într-un tifon, al cărui capăt se introduce în recipientul de sticlă W , în care se află apă distilată, și care este acoperit. Acest vas se află la distanță de 3-4 cm de rezervorul termometrului, pentru a permite circulația aerului în jurul acestuia.

La orice psihrometru, termometrele trebuie să fie absolut identice. Aceasta este o condiție, deoarece conform relației psihrometrice fluxul de căldură care ajunge la rezervorul termometrului umed este proporțional cu diferența dintre temperatura indicată de termometrele uscate (care determină temperatura aerului înconjurător) și a celei indicată de termometrul umed. Deci numai în cazul când termometrele sunt identice, ele vor prezenta aceeași inerție termică. Se remarcă faptul că determinările la psihrometru trebuie făcute, cât mai rapid, citindu-se întâi zecimile de grad (la ambele termometre - întâi la cel umed și apoi la cel uscat) și pe urmă gradele întregi. Se va evita apropierea de termometre, respirarea la mică distanță de ele ca și apropierea unei surse de lumină. Se va avea grijă ca tifonul să fie bine umezit.

Un psihrometru dă indicații corecte, numai atunci, când tifonul care acoperă rezervorul termometrului umed este înfășurat corect, când este de o calitate corespunzătoare, când se menține curat și când umezirea se face cu apă distilată.

De asemenea, tifonul trebuie să fie din batist, asupra căruia se încearcă iuțeala de umezire. În acest scop se taie o fâșie îngustă și se fixează la un capăt de un suport; celălalt capăt se introduce în apă distilată. Tifonul este bun când apa se urcă în timp de 15 minute la înălțimea de 7-8 cm. Menționăm că pe același suport se află fixate și termometrele de maximă (M_a) și de minimă (M_i), deși nu fac parte din psihrometre.

Psihrometrul praștie

Este tot un instrument fără aspirație, fiind utilizat mai mult în cercetări expediționare. Este format dintr-un cadru metalic d , care se poate roti ușor în jurul axului b , prevăzut cu mânerul a (figura 53 b). În cadrul metalic sunt fixate două termometre identice, din care unul g uscat în stânga și altul umed h în dreapta. Rezervoarele termometrelor sunt protejate împotriva radiației, de ecrane metalice nichelate.

Pentru determinările cu acest psihrometru se umezește tifonul de pe rezervorul termometrului umed și ținându-se de mâner, se rotește deasupra capului, cu circa 120 rotații pe minut. Determinările se repetă de 3-4 ori citindu-se întâi zecimile și apoi gradele întregi.

Psihrometrul cu aspirație (cu ventilație artificială)

În dotarea stațiilor meteorologice din țara noastră se află și psihrometrul cu aspirație. El este numit astfel, deoarece în jurul rezervoarelor termometrelor uscat și umed, se produce un curent de aer, provocat de un dispozitiv numit morișcă aspiratoare (figura 54)

Psihrometrul este format din două termometre ordinare identice (T și T_1), a căror părți dinspre rezervor pătrund într-un dispozitiv metalic D , numit doză dublă. Rezervoarele termometrelor ies în afara dozei și sunt protejate de câte un tub de sticlă (tub de aspirație) A , care se prind cu ceară roșie în câte un inel metalic I , ce se înșurubează la partea inferioară a orificiilor dozei. Ventilația rezervoarelor termometrelor uscat și umed se asigură cu ajutorul unui dispozitiv M , care se numește morișcă aspiratoare.

Această morișcă se fixează, în momentul determinării, prin intermediul unei prelungiri tubulare, în orificiul din mijlocul dozei.

Psihrometrul Assmann

Este un instrument special, cu care se pot face determinări chiar în plin soare, întrucât prezintă o montură metalică nichelată care reflectă radiațiile (figura 55). Instrumentul este format din două termometre ordinare de construcție specială (t și t_2) (cel umed t , în dreapta, când privim instrumentul din față) fixate într-o montură metalică. Această montură este formată dintr-un tub central T , din care, la partea inferioară, se desfac două ramuri; la acestea se pot fixa, prin intermediul unui inel de material plastic câte un sistem de 2 tuburi concentrice de aspirație (c și d). La partea superioară a tubului central se fixează etanș, prin înșurubare, ventilatorul M a psihrometrului, care are la partea superioară și lateral un orificiu, în care se introduce cheia de întoarcere x a arcului.

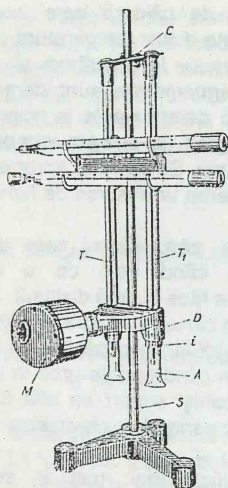


Fig. 54 Psihrometrul cu doză dublă

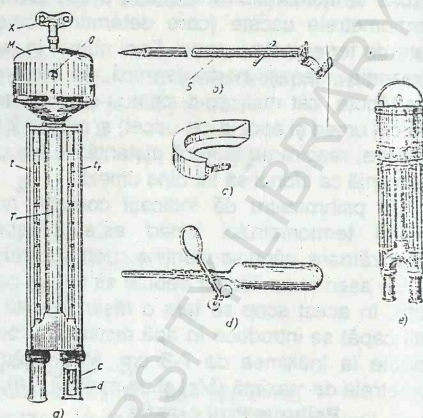


Fig. 55 Psihrometrul Assmann
a-psirometrul Assmann; b-suportul acestuia; c-ecranul de protecție pentru vânt; d-para de umezire; e-psirometrul Assmann model mic

În mijlocul învelișului metalic al ventilatorului, se află o proeminență în formă de sferă, cu ajutorul căreia se poate instala psihrometrul, în suportul său s (figura 55 b). Pe partea laterală a carcasei, se află orificiul Q prevăzut cu o fereștrică de celoid pe care este trasată o liniuță verticală; această liniuță servește la verificarea curentului de aspirație, după durata de rotație a casetei în care se află arcul ce se distinde. Pe această casetă se află un semn (de obicei o săgeată), a cărui trecere succesivă se poate observa prin fereștrică.

Prin cronometrarea timpului fiecărei rotații a casetei arcului, (care trebuie să dureze între 50 și 100 secunde), se stabilește cu ajutorul unui tabel viteza curentului de aspirație. Acest psihrometru prezintă avantajul că este ușor transportabil, în trusa lui, în care se află pe lângă suportul de suspensie și un ecran protector al paletei ventilatorului împotriva vântului (figura 55 c), precum și o pară de cauciuc, terminată cu un tub de cauciuc (închis cu o clamă Mohr), la capătul căruia se fixează un tub de sticlă, de udat (figura 55 d). Un alt avantaj este acela că determinările se pot efectua în plin soare deoarece, montajul metalic al psihrometrului este nichelat și rezervoarele termometrelor sunt izolate termic de masa metalică a instrumentului, prin intermediul a două inele de material plastic. De asemenea, rezervoarele termometrelor sunt ferite de încălzire prin dublul sistem de tuburi de aspirație. Pentru aflarea tensiunii actuale a vaporilor de apă din atmosferă, în funcție de temperaturile celor două termometre psihrometrice se folosesc tabelele psihrometrice. În lipsa acestora se utilizează relația psihometrică, însă trebuie să se țină cont de valoarea coeficientului $A = 0,000794$ pentru psihrometrul fără aspirație și de cea a coeficientului $A_1 = 0,000662$, pentru cel cu ventilație.

Valorile umezelii relative, funcție de temperatura la termometrul uscat și diferența psihometrică se citesc din tabelele speciale. Pentru ilustrarea modului de întocmire a acestor tabele se prezintă graficul din figura 56.

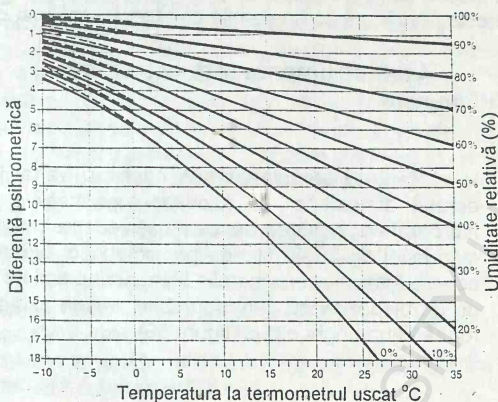


Fig. 56 Umiditatea relativă a aerului (%) în corelație cu temperatura aerului și diferența psihrometrică

Un alt tip de aparat este psihrometrul Frankenberger (figura 57). Datorită construcției sale speciale, face posibilă determinarea temperaturii și umidității aerului în afara adăpostului meteorologic.

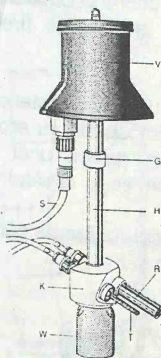


Fig. 57 Psihrometrul Frankenberger

V - ventilator acționat electric; G - manșon de îmbinare; H - țevă de legături; K - capul de măsurare; W - recipientul de apă; T - termometru; R - tub de protecție împotriva radiației; S - alimentarea cu curent a ventilatorului

La acest aparat, termometrele sunt protejate de un tub dublu, cromat în exterior. Ventilația se face cu ajutorul unui ventilator electric (V).

Un psihrometru complet automatizat se prezintă în figura 58. Acest aparat bazat pe principiul psihrometric, poate furniza date referitoare la : temperatura mediului ambiant, umiditatea relativă și punctul de rouă.



Fig. 58. Psihrometrul numeric

Gamele de măsurare sunt cuprinse între următoarele limite : 10 - 100% pentru umiditatea relativă; $- 25^{\circ} \text{C} + 60^{\circ} \text{C}$ pentru punctul de rouă și $- 30^{\circ} \text{C} + 150^{\circ} \text{C}$ pentru temperatură, precizia este de $\pm 2\%$ pentru umiditate și $\pm 0,5^{\circ} \text{C}$ pentru temperatură. Sonda de măsurare este prevăzută cu un ventilator integrat, acționat de o baterie de 9 V.

4.3 Instrumente înregistratoare

4.3.1 Higrografe

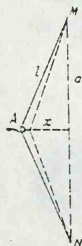


Fig. 59 Schimbarea poziției firelor de păr la higrograf

Pentru a se putea urmări, continuu, variațiile umezelii relative aerului atmosferic, se folosesc higrometrele înregistratoare sau higrografele. Acestea au ca piesă receptoare pentru umezeală, urmăriți de 30-40 fire de păr omenesc, blond, degresate, fixate la capete într-un cadru metalic. Mănunchiul acesta este menținut întins de un dispozitiv cu contragreutate, iar un cârlig îl prinde de mijloc formând un unghi obtuz (figura 59).

Schimbarea, sub influența umidității a poziției punctului în care mănunchiul de fire este menținut întins se transmite prin sistemul de pârghii la dispozitivul de înregistrare care deplasează penița pe diagramă. Prin poziția mănunchiului în unghiul obtuz deplasarea punctului A, depinde de raportul $1/x$. Prin acest sistem de fixare a mănunchiului de fire (șuviței), în două puncte și în unghi obtuz se obține o deplasare mare a punctului median, decât în cazul simplei schimbări a lungimii firelor de păr, înregistrate la capătul suviței.

Higrograful Junkalor

Aparatul are mănunchiul de fire de păr 1 fixat la capete de un cadru metalic, iar la capătul 2, există un dispozitiv format din două vergele metalice, înfășurate cu arcuri, din care, într-o garnitură metalică, este prins capătul firelor. Prin rotirea unui buton dispozitivul cu arc este antrenat, deplasând într-un sens sau în altul, capătul firelor așezând vârful peniței pe diagramă.

Lama metalică 3 fixează, într-un orificiu, mijlocul mănunchiului de fire de păr, iar la capătul opus se prinde de dispozitivul de amplificare 4 (figura 60 a și b).

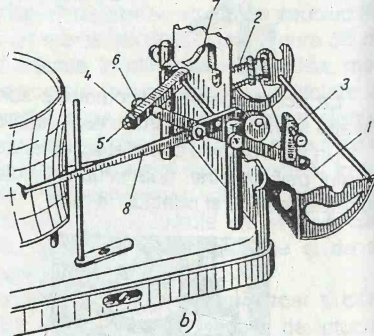
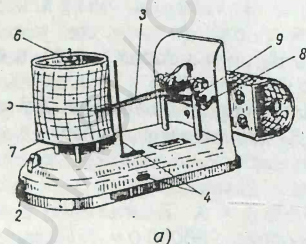


Fig. 60 Higrograful Junkalor

a - higrograful Junkalor; b - higrograful Junkalor schematic

Acest dispozitiv este format dintr-o garnitură paralelipedică, care, prin manevrarea șurubului superior 5 după ce în prealabil a fost slăbit șurubul lateral 6, permite reglarea amplificării în timpul verificării aparatului la praguri fixe, prin introducerea repetată în higrostatul de laborator. Dispozitivul de amplificare este fixat pe axul de suspensie x, pe care se află și pârghia peniței 8. Pentru ca mănunchiul să se mențină întins, la capătul pârgchiei peniței se află o contragreutate, 9. Pentru efectuarea semnelor de timp pe higrigramă, se apasă pe un buton care, prin lama 7, presează asupra unei garnituri cilindrice de cauciuc fixată pe axul de suspensie. În timpul transportului, firele de păr sunt menținute neîntinse, prin intermediul unei lame care presează și fixează brațul de pârghie 3. Mănunchiul de fire și piesele exterioare ale aparatului sunt protejate de un înveliș semicilindric de tablă, cu multe orificii.

La acest aparat se folosesc higrोगramele clasice.

Întoarcerea mecanismului de ceasornic, se face cu ajutorul unei cheițe; la tipul mai recent, remontarea se face cu ajutorul unui buton din material plastic, ce se înșurubează în capătul filetat al axului mecanismului de ceasornic.

Higrograful Fischer

Este de o construcție aparte, având atât piesa receptoare pentru umexeală, cât și celelalte piese în interiorul cutiei aparatului:

Partea receptoare este formată din două lire 1, cu câte 3 mănunchiuri fiecare, iar fiecare mănunchi numără 10-12 fire de păr (figura 61).

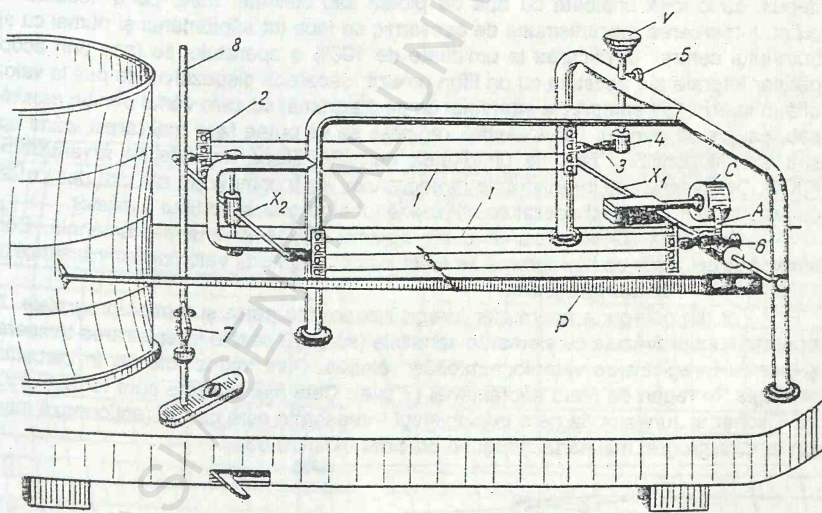


Fig. 61 Higrograful Fischer

Mănunchiurile de fire sunt fixate între plăcuțele metalice 2 prinse bine în șuruburi, Garniturile de fixare ale mănunchiurilor sunt prevăzute, la mijloc, cu câte o lamă metalică 3, răsucită (pentru a avea mai multă rezistență), prinsă cu știfturi de axele de suspensie. Capătul din dreapta al primei lire este prins de garnitura metalică 4, care se află la partea inferioară a dispozitivului de pus la valoare V. Pentru punerea la valoare a penitei înregistratoare, se slăbește șurubul lateral 5 și apoi se rotește în sens convenabil, șurubul mare V. Capătul din dreapta al celeilalte lire este legat de dispozitivul de amplificare A, care, prin slăbirea șurubului lateral 6 permite deplasarea în sus sau în jos a barei metalice A, micșorând sau mărirând astfel amplificarea sistemului de transmisie (numai în cazul etalonării aparatului).

Acest dispozitiv este fixat pe axul de suspensie x_1 , pe care printr-o garnitură metalică, este fixată și contragreutatea C, având rolul de a menține firele de păr ale lirelor, întinse. Capetele din stânga ale lirelor sunt prinse, cu același sistem de mici lame răsucite, de acul de suspensie x_2 . Intreg sistemul de transmisie al aparatului este fixat mobil, pe bare metalice solide. Pe axul x_2 este fixată și pârghia penitei P. La acest aparat se utilizează higrogramele de tip Junkalor. Capacul cutiei are părțile laterale confecționate din plexiglas, prevăzut cu orificii, prin care se face comunicația cu mediul înconjurător. În timpul transportului, pârghia penitei se prinde la partea inferioară a vergelei 8, pe dispozitivul 7, cu ajutorul unei lame arc pentru a o depărta de diagramă. În felul acesta, lirele cu mănunchiurile de fire de păr stau lejer și nu se mai pot rupe în timpul transportului. Regulile de întreținere sunt aceleași ca la aparatele descrise mai sus, cu mențiunea de a se curăța de mai multe ori mănunchiurile de fire ale lirelor, de praful depus, cu o foaie îmbibată cu apă de ploaie sau distilată, până când aceasta rămâne curat. Intoarcerea mecanismului de ceasornic se face tot săptămânal și numai cu ajutorul butonului central. Verificarea la umiditate de 100% a aparatului se face prin acoperirea părților laterale ale acestuia cu un tifon umezit, deoarece dispozitivul de pus la valoare se află în interior, se va aprecia intervalul de pe diagramă, cu care vârful penitei este mai sus sau mai jos de punctul 100%. Astfel, reglarea se va putea face mai târziu, când aparatul și-a stabilit echilibrul față de umiditatea normală. După aceasta se reverifycă punctul 100%. De asemenea, înregistrările higrografului vor fi comparate cât mai des cu cele ale psihrometrului. La acest aparat se utilizează tot higrograma de tipul Junkalor.

În figura 62 se prezintă o higrogramă zilnică și una săptămânală. Corecțiile cifrelor înregistrate pe higrogramă se efectuează cu ajutorul valorilor psihrometrice.

Termohigrografe

Tot din categoria aparatelor înregistratoare fac parte și termohigrografele. Aceste aparate sunt prevăzute cu elemente sensibile (senzori) pentru înregistrarea temperaturilor și pentru înregistrarea valorilor umidității relative. Sunt intens folosite în cercetările de ecologie, în regim de mers săptămânal (7 zile). Cele mai utilizate sunt termohigrografele tip Fischer și Junkalor, la care mecanismul - ceasornic este cu arc (acționează mecanic). Un termohigrograf mai perfecționat se prezintă în figura 63.

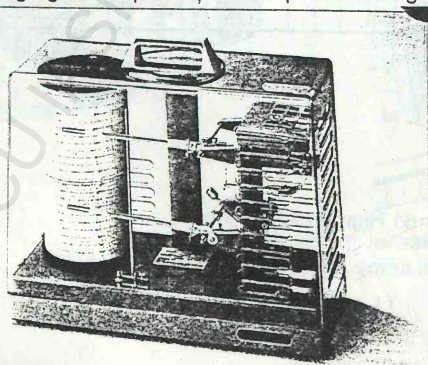


Fig. 63 Termohigrograful Vision

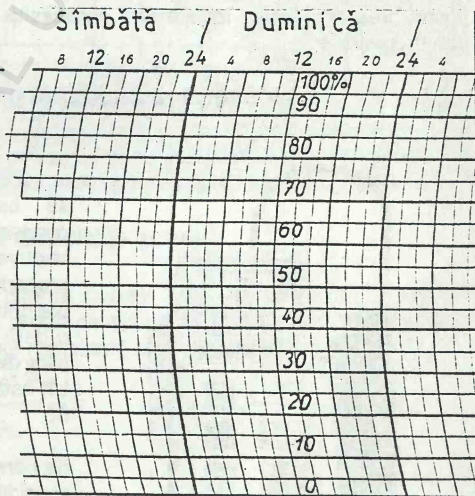
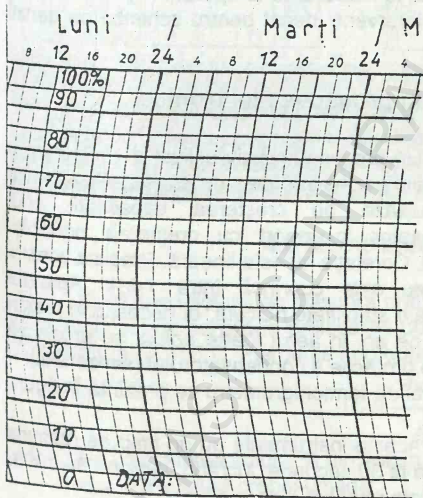
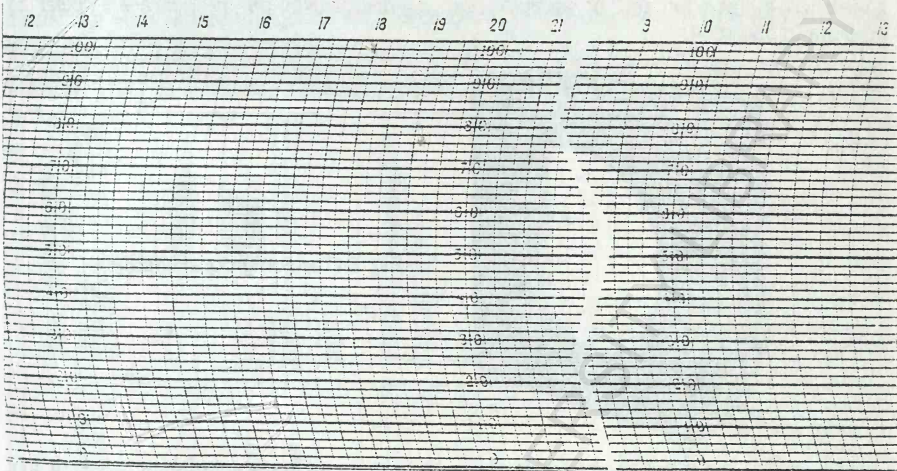


Fig.62 Higrograme zilnice și săptămânale

Acesta are penițele capsulate, fiind acționat de un ceas cu cuarț. Permite înregistrări în cicluri de 1, 7, 32 zile.

Un alt gen de termohigrograf prevăzut cu aceleași elemente sensibile (lamă bimetalică și fascicul de păr artificial) dar cu dispozitivul de înregistrare circular se prezintă în figura 64.

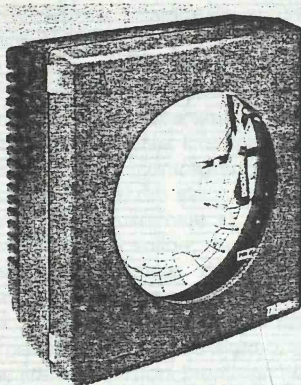


Fig. 64 Termohigrograf circular

La ora actuală, pe piață există și termohigrografe de mare autonomie. Acestea sunt echipate cu ceasuri cu cuarț, cu o viteză constantă, alimentate cu baterii de 1,5 V ce asigură o autonomie de funcționare de 1 an. Suportul de înregistrare îl reprezintă o bandă continuă, ce asigură schimbarea o dată la 3 luni.

Prin aceasta instrumentul poate fi utilizat la măsurarea temperaturii și umidității în locuri greu accesibile, izolate fără a necesita intervenții decât pentru schimbarea benzii de înregistrare.

4.4 Măsurarea umidității prin procedee electronice

Un procedeu relativ utilizat de măsurare a umidității îl reprezintă metoda capacitivă. Aceasta se bazează pe creșterea capacității unui condensator în raport cu creșterea umidității relative. Corelația nu este lineară. Precizia acestui procedeu este cuprinsă între 1-5%. Aparatul prezintă o stabilitate ridicată, el necesitând testări o dată pe an. În aerul foarte poluat se utilizează filtre de protecție a condensatorului (senzorului). Un astfel de termohigrometru se prezintă în figura 65.

Aceste instrumente au un timp de răspuns de până la 30 secunde, lucrând în gama 0 - 100% - umiditate relativă.

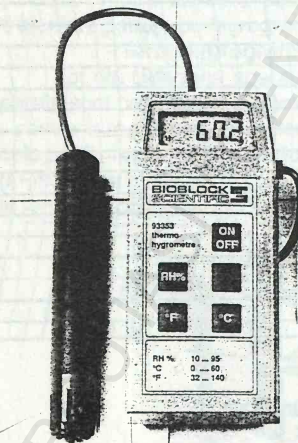


Fig. 65 Termohigrometrul standard

Studiu de caz

Cu ajutorul higrorafelor și al psihrometrelui Assmann s-a determinat regimul umidității atmosferice în pădure comparativ cu terenul descoperit. Rezultatele acestor măsurători sunt redată sub formă de cronoizolinii ale umidității relative a aerului (figura 66).

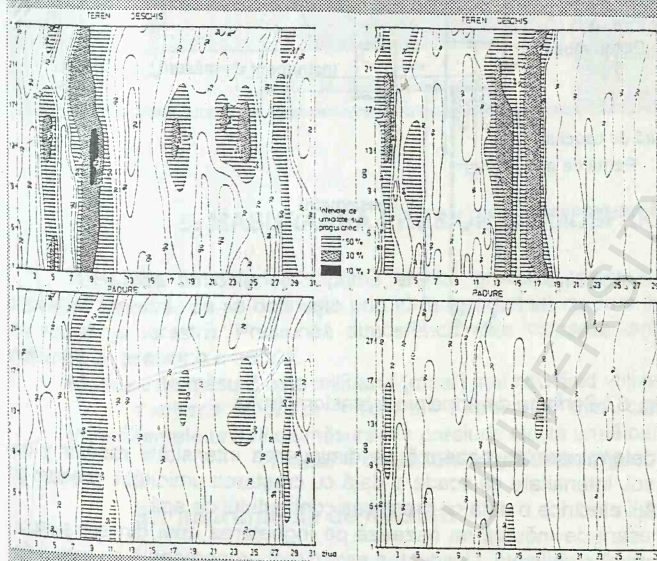


Fig. 66 Cronoizolinile umidității relative a aerului - Călimani

Astfel pentru două luni de iarnă, din ani diferiți au fost surprinse praguri critice ale umidității aerului sub care probabilitate declanșării fenomenului de deshidratare de iarnă este mare. Au fost evidențiate duratele perioadelor cu asemenea valori scăzute ale umidității precum și faptul că acestea apar mai ales în teren descoperit.

4.5 Măsurarea umidității solului

Umiditatea solului se măsoară prin diferite metode. Cea mai utilizată este **metoda gravimetrică**, ce constă în prelevarea de probe de sol ce se usucă 6-8 ore în etuvă, la temperatura de 105°C. Pierderile în greutate reprezintă conținutul în apă al solului.

$$U_s = \frac{G_{ud} - G_{us}}{G_{us}} \rho \quad (12)$$

U_s - umiditatea solului % din volum;

G_{ud} - greutatea probei umede;

G_{us} - greutatea probei uscate;

ρ - densitatea solului (valori de 1,3 - 1,6 g . cm⁻²)

Metoda carbidmetrică, constă în măsurarea presiunii pe care o produce într-un spațiu închis, reacția dintre apa din sol și o cantitate bine determinată de carbid.

Un aparat relativ frecvent folosit este și **tensiometrul**. Acesta constă dintr-o celulă ceramică poroasă introdusă într-un recipient cilindric umplut cu apă. Celula se introduce

în sol. Cu cât va fi solul mai uscat, cu atât va fi extrasă o cantitate mai mare de apă prin intermediul celulei poroase. Diferența de presiune măsurată în interiorul recipientului va fi măsura cantității de apă din sol.

În figura 67 se prezintă schema de funcționare a tensiometrului.

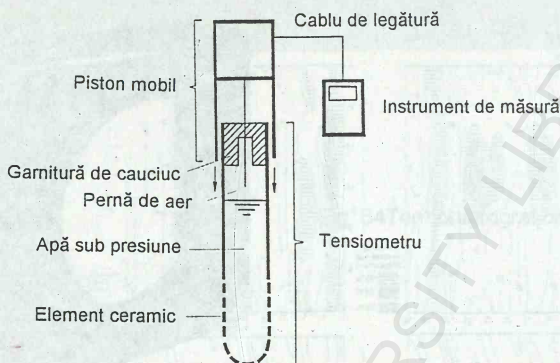


Fig. 67 Schema de principiu a tensiometrului

Alte metode de determinare se bazează pe diminuarea intensității razelor γ ce traversează un strat de sol, intensitate ce scade o dată cu creșterea umidității, precum și pe creșterea conductivității electrice o dată cu creșterea conținutului de apă.

Un principiu interesant de măsură se bazează pe înghețarea apei din sol și apoi dezghețarea la o temperatură stabilizată. Umiditatea este direct proporțională cu timpul de trecere de la faza solidă la cea lichidă. Acest aparat utilizează pentru măsurare termocupluri. Timpul de răspuns este sub 30 de secunde. Psihrometrul Wescor prezentat în figura 68 se bazează pe principiul mai sus expus.

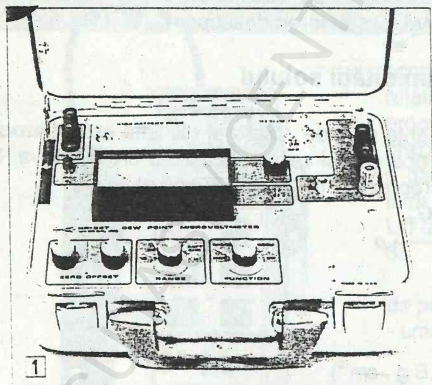
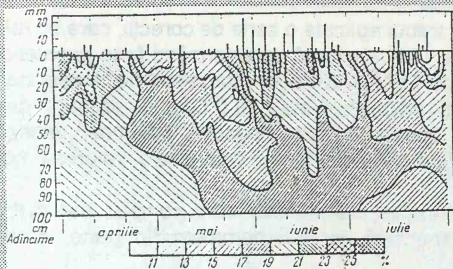


Fig. 68 Psihrometrul Wescor

Studiu de caz

Măsurătorile privind determinarea umidității solului pun în evidență posibilitățile acestuia de a aproviziona plantele cu apă. În figura 69 se prezintă distribuția umidității solului (%) în raport cu adâncimea.



Udell? Statio
sopometeorologice
anul
Fig. 69 Regimul precipitațiilor
și a umidității solului (loess)
în raport cu adâncimea

5. MASURAREA PRESIUNII ATMOSFERICE

Presiunea atmosferică exprimă efectul greutății coloanei de aer atmosferic pe suprafața terestră. Ea se definește prin forța (greutatea) cu care aerul apasă pe unitatea de suprafață terestră. Presiunea atmosferică este valoarea legată cel mai strâns de noțiunea de presiune a aerului.

Unitatea de măsură este milibarul (mbar) mai nou fiind utilizat hectopascalul (hPa)

$$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2} = 10^2 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa} = 10^3 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^{-2} \quad (1)$$

Între diferitele unități de măsură ale presiunii există următoarele relații :

$$1 \text{ mbar} = 0,750 \text{ Torr} = 0,750 \text{ mm Hg} \quad (2)$$

5.1 Instrumente de măsură

Tubul lui Torricelli a constituit primul instrument de măsurare a presiunii atmosferice și a căpătat denumirea de *barometru*. În decursul anilor, acestuia i s-au adus nenumărate perfecționări. În activitatea meteorologică, se utilizează două tipuri de barometre :

- barometrul cu mercur;
- barometrul metalic sau aneroid.

Barometrul cu mercur

Barometrul cu mercur (figura 70) se compune din : tubul barometric (figura 70 b), rezervorul cu mercur 1, scara barometrică 2 și termometrul propriu barometrului (alipit) 3. Scara barometrului posedă un vernier 4, cu ajutorul căruia se apreciază zecimea sau sutimea de milimetru. El este astfel confecționat, încât n diviziuni ale sale corespund la $n-1$ diviziuni de pe scara barometrică mare. Pentru citirea barometrului se aduce vernierul, până când acesta este tangent cu diviziunea zero, la vârful mecanismului convex al coloanei de mercur. Se citește pe scară mare cifra în dreptul căreia s-a fixat gradația zero a vernierului; mm întregi, apoi se observă gradația vernierului care se află exact în prelungirea unei diviziuni de pe scara mare, gradație care dă pe vernier zecimile de milimetri.

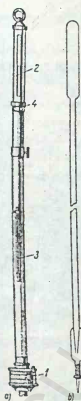


Fig. 70 Barometru cu mercur (de stație)
a-vedere de ansamblu;
b-tubul barometric

La citirile presiunii atmosferice vor trebui aplicate o serie de corecții, care se referă la temperatură, latitudine și altitudine, ultimele două caracterizând forța gravitației. Corecția de temperatură constă în a reduce fiecare citire de barometru la temperatura de 0°C . Aceste corecții se scad pentru temperaturi mai mari de 0°C și se adună în cazul în care temperatura la care funcționează barometrul este negativă. Mărimea variază între 0,1 mm Hg la 1°C și 3,7 Hg la 30°C . Pentru interpretare și comparare, valorile de presiune se reduc la nivelul mării.

Datorită defectelor de construcție ale pieselor care compun barometrul, se mai aplică o corecție instrumentală specifică fiecărui barometru în parte, corecție ce se determină la etalonarea aparatelor.

Barometrul aneroid

Se mai numește și barometru metalic. Acesta nu utilizează vreun lichid barometric. Piesa sensibilă la variațiile de presiune este constituită din câteva cutii metalice, denumite *capsule Vidi*, 1, a căror deformare sub acțiunea variațiilor de presiune este transmisă, printr-un sistem de pârghii, unui ac indicator care se deplasează pe un cadran gradat în mm Hg (figura 71).

Pentru a fi ferit de variațiile de temperatură, el se păstrează într-o cutie specială. Barometrul aneroid are pe scala lui în partea de jos, un termometru 2, care folosește la stabilirea corecției de temperatură.

Altimetrul (hipsometrul) este un barometru aneroid, care în afara scării obișnuite mai are una concentrică cu prima, gradată în metri, și care servește la determinarea altitudinii în funcție de presiune. Acest instrument este deosebit de util în cercetări cu caracter expediționar.

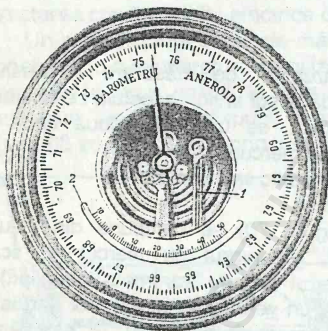


Fig. 71 Barometru aneroid

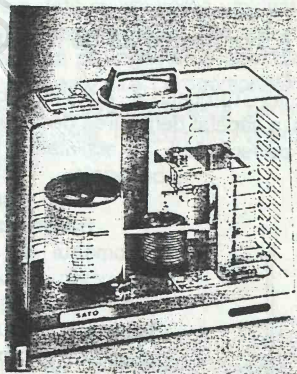


Fig. 72 Barograful SATO

În figura 72 se prezintă un barograf dotat cu un mecanism de ceasornic cu cuarț, cu ciclu de înregistrare de 1, 7, 32 zile. Gama de măsurare este cuprinsă între 940 - 1045 mbar, cu o precizie de ± 1 mbar. Suportul pentru înregistrarea valorilor presiunii poartă numele de *barogramă*. Alături acestei diagrame se prezintă în figura 73.

Valorile obținute prin citirile sau înregistrările directe sunt corectate. Corecțiile vizează reducerea presiunii la temperatura de 0°C (cu ajutorul unor tabele având ca intrări valoarea presiunii în mbari și temperatura citită în $^{\circ}\text{C}$) și reducerea presiunii la nivelul mării (corecție constantă determinată cu ajutorul treptei barice).

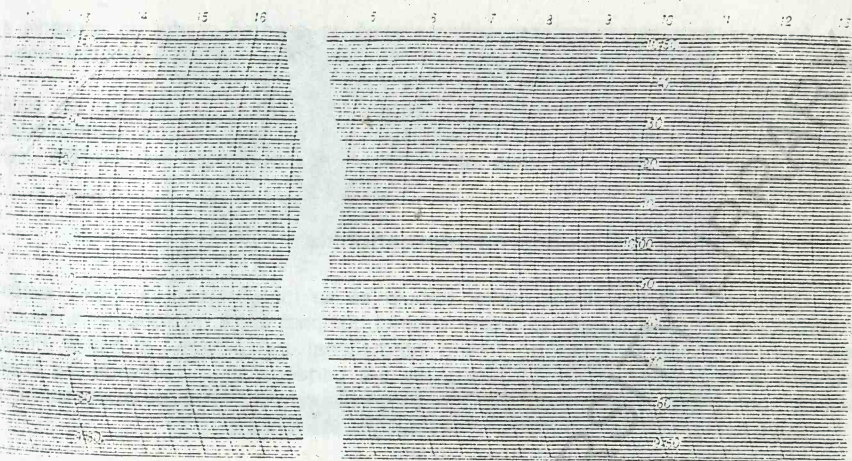
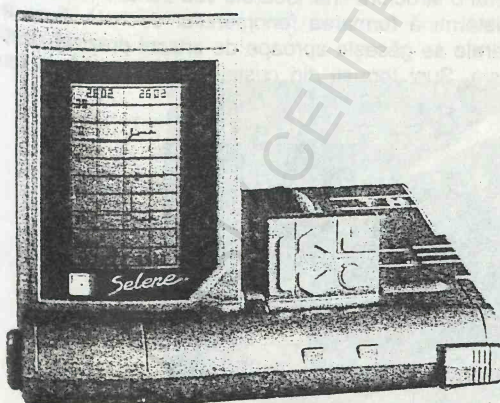
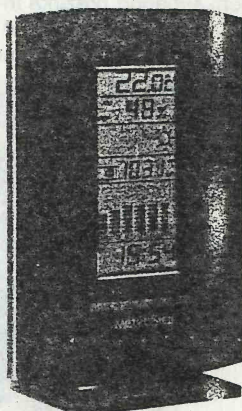


Fig. 73 Barogramă zilnică

Cunoașterea valorilor presiunii atmosferice este necesară pentru determinarea caracteristicilor maselor de aer. Pentru activitatea silvicultorilor, valorile presiunii atmosferice, evoluția lor, permit elaborarea unor prognoze pe termen scurt. La ora actuală, pe piața aparaturii meteorologice se găsesc aparate complexe ce permit determinarea rapidă și cu precizie ridicată a temperaturii, umidității și presiunii atmosferice, prelucrarea primară a datelor, afișajul numeric la ora programată, precum și previziune sumară, prezentată sugestiv.



a



b

Fig. 74 Termohigrobarografe

a) termohigrobarograf cu funcții statistice b) microstația meteorologică METEOSTAR

6. DETERMINAREA NEBULOZITATII

Nebulozitatea este o mărime meteorologică ce exprimă gradul de acoperire a cerului cu nori. Observațiile asupra nebulozității constau în determinarea cantității norilor, felului și înălțimii lor.

Nebulozitatea se determină prin aprecierea vizuală a procentului din bolta cerească acoperit cu nori. Cifra zero indică cer senin, iar cifra zece, cer acoperit complet. În limbajul curent procentele cuprinse între 0 - 30% reprezintă cer senin, 30-70% - cer noros și peste 70% - cer acoperit.

6.1 Clasificarea internațională a norilor

Observațiile și descrierea norilor trebuie să se facă uniform la toate stațiile meteorologice în așa fel încât să existe criteriul comparării acestor observații. Pentru acest considerent, s-a adoptat un criteriu internațional de clasificare al norilor. Prima clasificare a fost făcută în 1803. Ulterior ea s-a perfecționat și completat. La baza clasificării norilor stau două criterii: forma lor exterioară și înălțimea lor deasupra solului.

După formă, norii se pot împărți în trei categorii, și anume:

- cumuliformi (în formă de gramezi izolate);
- onduliformi (în formă de grămezi compacte, cu aspecte de valuri);
- stratiformi (în formă de pânze continue, uniforme).

După înălțimea lor, norii se pot împărți în patru categorii, și anume:

- a. nori superiori cu înălțimea peste 6 km;
- b. nori mijlocii cu înălțimea între 2 - 6 km;
- c. nori inferiori cu înălțimea între 0 - 2 km;
- d. nori cu dezvoltare verticală, a căror înălțime oscilează între 500 și 1000 m.

Limitele arătate mai sus sunt numai orientative, întrucât înălțimea norilor variază în funcție de latitudinea locului, de anotimp și de relief.

a. Din categoria **norilor superiori** se menționează următoarele genuri: *Cirrus* (Ci), *Cirrocumulus* (Cc) și *Cirrostratus* (Cs) (figura 75, 76)

Norii superiori prezintă în general o structură fină. Soarele sau Luna, priviți prin ei, își păstrează conturul. Deseori ei determină formarea fenomenului de halo. Sunt de culoare albă, sidefoasă, iar când Soarele se găsește aproape de orizont prezintă irizații de culoare roșie, galbenă sau cenușie. Sunt formați din cristale de gheață și nu dau precipitații.

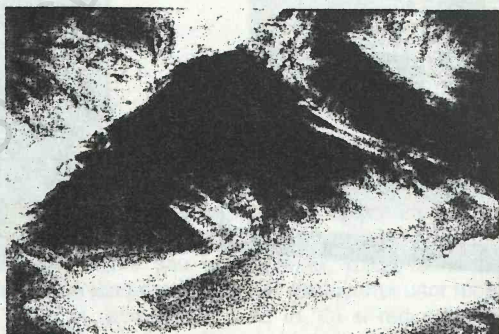


Fig. 75 Nori Cirrus

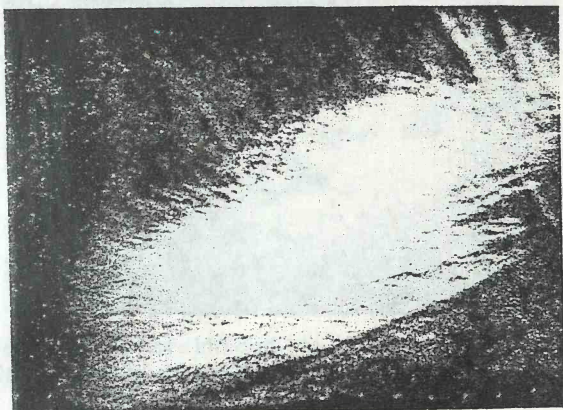


Fig. 76 Nori Cirrocumulus

b. Din categoria **norilor mijlocii** se citează : *Alto cumulus* (Ac) și *Alto stratus* (As) (figura 77, 78).

Norii mijlocii au o structură mai complexă, mai compactă. Soarele și Luna își pierd conturul. Culoarea lor poate fi de la alb-strălucitor la cenușiu-închis, putând fi transparente sau opaci. Unele specii ale norilor mijlocii prevestesc schimbarea vremii. Astfel, *Alto cumulus lenticularis* (figura 77) indică o invazie de aer rece la altitudine, iar *Alto cumulus castellanus* și *Alto cumulus floccus* preced orajele. Din norii mijlocii cad precipitații slabe.

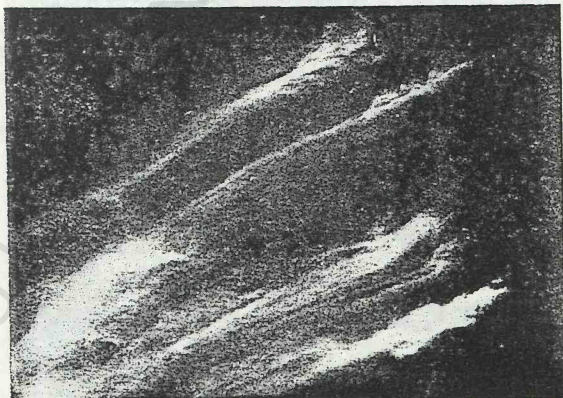


Fig. 77 Nori Alto cumulus

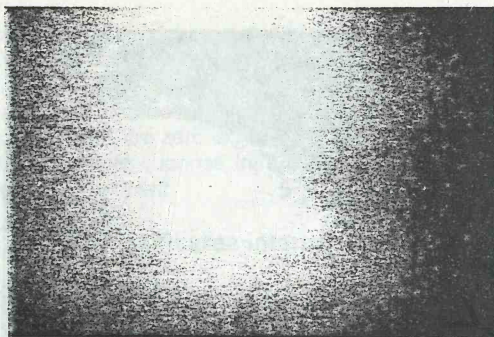


Fig. 78 *Nori Altostratus*

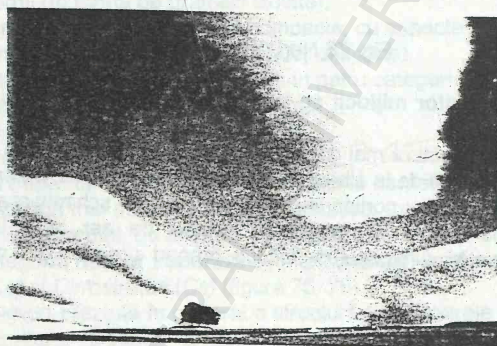


Fig. 79 *Nori Altocumulus lenticularis*

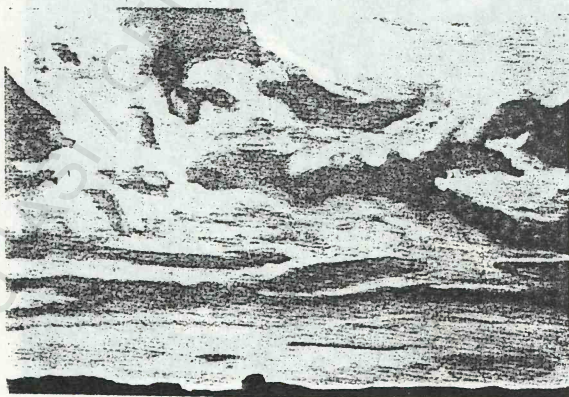
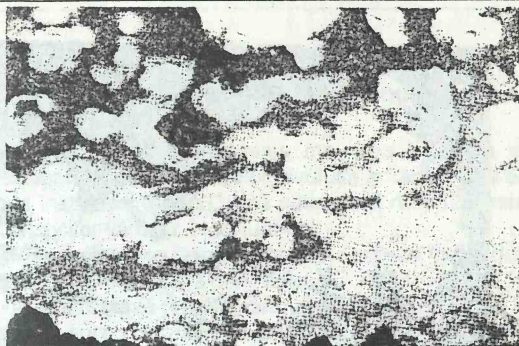
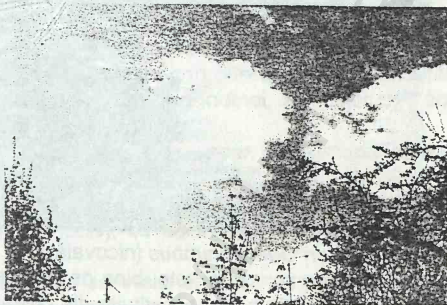


Fig. 80 *Nori Altocumulus castellanus*

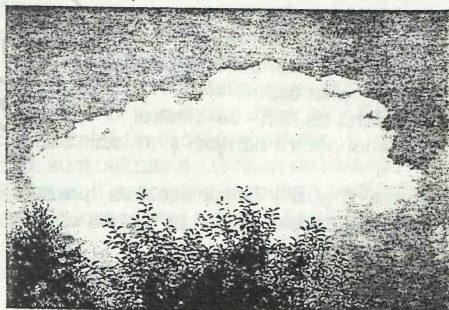
Fig. 81 Nori *Altocumulus floccus*

c. Din categoria **norilor inferiori** se menționează următoarele genuri : *Stratocumulus* (Sc), *Stratus* (St) și *Nimbostratus* (Ns) (figura 82).

Fig. 82 Nori *Stratocumulus*

Norii inferiori prezintă aspecte diferite, de la o pânză continuă, compactă, până la grămezi izolate. Precipitațiile norilor *Stratus* sunt sub formă de burniță, iar a norilor *Nimbostratus*, cu un aspect cenușiu-închis, sunt sub formă de ploaie, lapoviță și ninsoare. Precipitațiile sunt continue și de lungă durată.

d. Din categoria norilor cu dezvoltare verticală se menționează următoarele genuri: *Cumulus* (Cu) și *Cumulonimbus* (Cb), cu cele două specii distincte : *Cumulonimbus calvus* și *incus* (figura 83, 84, 85).

Fig. 83 Nori *Cumulus*

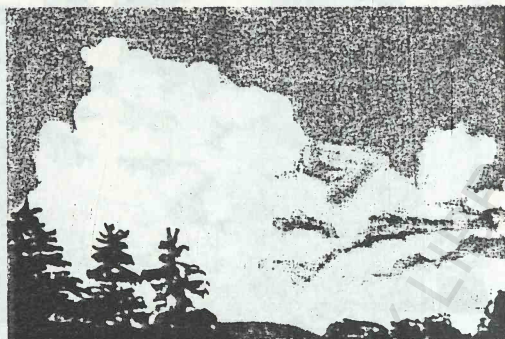


Fig. 84 Nori *Cumulonimbus calvus* (pleșuv)

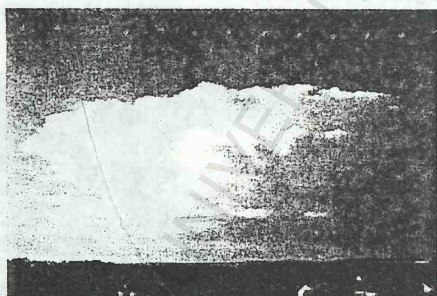


Fig. 85 Nori *Cumulonimbus* (nicovală)

Norii de dezvoltare verticală au contururi nete, bine dezvoltate, cu baza inferioară dreaptă, delimitată precis, iar vârfurile, fibroase, constituite din cristale de gheață, par că fumegă. Aparțin de obicei anotimpului calduros. În condiții de mare instabilitate, norii *Cumulus* se transformă în *Cumulonimbus* și dau precipitații sub formă de averse, însoțite de manifestări electrice.

6.2 Măsurarea înălțimii bazei norilor

Determinarea înălțimii bazei norilor este o operație mai dificilă, întrucât nu se poate delimita tranșant baza norilor, limita inferioară prezentând neregularități.

Înălțimea norilor se poate determina :

- vizual
- cu balonul - pilot urmărit cu teodolitul;
- cu balonul - pilot captiv;
- cu proiectorul de nori - ceilometrul.

Determinările se fac numai pentru nori joși și mijlocii, dacă aceștia se găsesc sub 2500 m.

Cunoașterea felului norilor și a înălțimii acestora, prezintă o importanță pentru silvicultor, întrucât îl ajută la prognoze ale vremii pe termen scurt (ore).

6.3 Radarul meteorologic

În meteorologie, radarul se folosește mai ales pentru a semnaliza prezența și configurația sistemelor noroase și a orajelor, evoluția și deplasarea acestora pe o rază de 200-300 km în jurul instalației radar. O altă aplicație a radarului este aceea privitoare la măsurarea caracteristicilor vântului în altitudine.

Cuvântul radar este prescurtarea expresiei engleze "radio detection and ranging", care înseamnă detecție și telemăsură prin radio.

Instalația radar utilizează proprietatea undelor radio de a se reflecta pe obstacole (ale căror dimensiuni sunt mai mari, decât jumătatea lungimii de undă), sau de a fi difuzate de particulele ce se află în suspensie în atmosferă. Reflecția undelor radio este variabilă, după natura suprafeței pe care o întâlnesc. Astfel, pe o suprafață netedă (comparabilă cu aceea a mării calme), reflecția undelor este analoagă cu aceea a razelor luminoase pe o oglindă. Dacă suprafețele sunt cu asperități (ca aceea a unui ținut acoperit de vegetație și de clădiri, sau a mării agitate de valuri, a unui avion, a unui vapor etc.), acestea joacă rolul unei oglinzi cu foarte multe fețe orientate în toate direcțiile. O parte din unde radio se vor reflecta deci în direcția de unde au venit.

Deci, o astfel de suprafață se comportă ca o sursă de ecouri și amănuntele structurii acesteia sunt perceptibile prin diferențele de intensitate ale ecourilor. Prezența în atmosferă a picăturilor de apă, a grindinei, a fulgilor de zăpadă, provoacă o reflecție accentuată a undelor centimetrice.

Există o mare varietate de tipuri radar, după scopurile în care sunt utilizate.

În meteorologie, tipul cel mai răspândit este radarul cu impulsuri, al cărui principiu este următorul : un emițător de unde scurte dirijate, trimite într-o direcție anumită un semnal foarte scurt (impuls), cu durata de ordinul milionimii de secundă, însă foarte puternic.

Corpurile "lovite" de semnalul emis de radar, pot să retrimite către acesta o parte din energia incidentă prin reflecție sau difuziune, dând naștere, astfel unui ecou a cărui intensitate variază după felul și dimensiunile obstacolului. Dacă energia primită depășește o anumită limită, ecoul va fi semnalat de un indicator ce permite o observație vizuală, datorită diferențierii intensității ecourilor obținute de la diferite distanțe și din direcții diferite.

Emisiunea fiind dirijată, faptul că un ecou este observat după emisiunea unui semnal, arată că obstacolul se află în direcția de emisiune și deci se poate cunoaște direcția și înclinarea obstacolului. Pe lângă aceasta, măsurând timpul care s-a scurs între emisiunea semnalului și întoarcerea ecoului se poate obține distanța care separă obstacolul de emițător.

Undele electromagnetice se propagă cu viteza de 300.000 km/sec., astfel că timpul utilizat de semnal pentru a atinge obstacolul și a se întoarce este foarte scurt, de ordinul $1/10.000$ dintr-o secundă pentru un obstacol situat la 15 km.

Pentru măsurarea unui asemenea timp se utilizează cronometrul electronic și rezultatele sunt înregistrate de un oscilograf catodic.

În meteorologie sunt utilizate două tipuri de radaruri : radarul cu impulsuri bazat pe emisiunea a două impulsuri succesive și radarul centimetric bazat pe reflexia radiației dintr-o antenă așezată în focarul unui reflector parabolic.

7. MASURAREA PRECIPITATIILOR

7.1. Prezentare generală

Precipitațiile atmosferice reprezintă apa sub diferite forme ce ajunge la sol având drept sursă norii.

Precipitațiile reprezintă elementul meteorologic asupra căruia s-au efectuat cele mai vechi observații. În urmă cu 5000 de ani, în China s-au făcut măsurători asupra ploilor. Din diferite izvoare se știe că în urmă cu 2000 de ani în India și Israel precipitațiile căzute erau sistematic înregistrate. Cele mai precise măsurători încep în spațiul european în 1677 în Lancashire - Anglia. Tot în Anglia în localitatea Kew lângă Londra încep în 1697 măsurători de precipitații, care continuă și astăzi.

În țara noastră sunt 1500 posturi pluviometrice, cu ajutorul cărora este pusă în evidență variabilitatea ridicată a precipitațiilor în raport cu condițiile de relief.

Instrucțiunile pentru stațiile și posturile meteorologice al Institutului meteorologic dau următoarele definiții diferitelor forme de precipitații :

Ploaia - este căderea din nori a picăturilor de apă de diferite dimensiuni având diametrul mediu mai mare de 0,5 mm.

În acest caz, căderea picăturilor de apă se observă distinct. Asemenea ploi (continue sau cu scurte întreruperi) cad mai ales din norii *Nimbostratus*. Uneori, ploaia continuă poate să cadă și din norii *Altostratus*, *Stratocumulus* etc. În timpul ploii, norii formează un strat omogen și compact care acoperă întreaga bolta cerească.

Aversa de ploaie - este ploaia de scurtă durată, care începe și se sfârșește brusc, având variații rapide ale intensității. Deci, denumirea de "aversă" stabilește caracterul căderii ploii și nu se referă la cantitatea de apă căzută (care poate fi uneori chiar neînsemnată). În timpul aversei de ploaie, norii (în majoritatea cazurilor *Cumulonimbus* și uneori *Cumulus*) au o culoare plumburie - albastruie (vânătă). Se pot produce și înșenări de scurtă durată. În unele cazuri, aversele de ploaie sunt însoțite de descărcări electrice.

Ploaia care îngheață (cu picături suprarăcite) - este ploaia ale cărei picături, având temperaturi sub 0°, îngheață în momentul atingerii solului, a diferitelor obiecte de pe sol sau a aeronavelor în zbor.

Burnița - reprezintă căderea uniformă din nori a unor picături dese și foarte mărunte, cu diametrul mai mic de 0,5 mm. Picăturile de burniță sunt atât de fine încât căderea lor, aproape că nu poate fi observată. Ele parcă plutesc în aer, punând în evidență chiar și cele mai slabe mișcări ale aerului.

Burnița cade de obicei din nori stratiformi (*Stratus*), denși și joși, sau din ceață.

Burnița nu trebuie confundată cu ploaia mărunță. Chiar și căderea picăturilor foarte mici de ploaie poate fi observată distinct, pe când picăturile de burniță nu cad, ci se depun. Astfel, picăturile de ploaie căzând pe suprafața apei formează totdeauna inele care se măresc, iar pe o scândură uscată lasă urme sub forma unor pete umede. În cazul burniței, pe apă nu se formează inele, iar suprafața scândurii uscate se umezește încet și uniform.

Burnița care îngheață (cu picături suprarăcite) - este burnița ale cărei picături îngheață în momentul atingerii solului, a obiectelor de pe sol, a aeronavelor în zbor.

Ninsoarea (zăpada) - reprezintă precipitații care cad din nori sub formă de cristale (fulgi) de gheață de diferite forme. Ninsoarea cade de multe ori sub formă de fulgi, care pot atinge dimensiuni mari. În mod obișnuit, căderea ninsorii se produce din norii *Nimbostratus*. În acest caz, norii formează de cele mai multe ori un strat omogen și

compact. Ninsorea poate să cadă însă și din norii *Altostratus*, *Stratocumulus*, *Stratus* și alții.

Aversa de ninsoare (de zăpadă) - este ninsoarea caracterizată prin început și sfârșit brusc, prin variații bruște ale intensității și prin durată scurtă a intensității maxime. Aversele de zăpadă cad din norii *Cumulonimbus*.

Lapovița - este căderea în același timp a fulgilor de zăpadă și a picăturilor de apă, sau a fulgilor de zăpadă în curs de topire. În timpul lapoviței, temperatura aerului este apropiată de 0°.

Aversa de lapoviță - este lapovița cu caracter de aversă, având particularități asemănătoare cu cele ale aversei de zăpadă.

Măzăricea moale - este căderea din nori a precipitațiilor sub forma unor boabe de zăpadă opace, sferice, uneori conice, de culoare albă sau opac-alburie, cu diametrul cuprins între 2 și 5 mm. Granulele de măzărice sunt fragile și se strivesc ușor; căzând pe solul tare, ele sar înapoi și adesea se sparg.

Măzăricea moale se produce de obicei când temperatura aerului este apropiată de 0°, adeseori în preajma ninsorii sau concomitent cu aceasta. Primăvara și toamna, măzăricea moale cade deseori din norii *Cumulonimbus*, sub formă de averse, fiind însoțită de vijelie provocate de masele reci de aer.

Măzăricea tare - este căderea din nori a precipitațiilor sub forma unor boabe transparente de gheață, în centrul cărora se găsește un sâmbure mic alb, opac mat (de formă sferică). Diametrul grăunțelor de măzărice tare nu depășește de obicei 3 mm. Boabele sunt destul de tari și pentru a le strivi e nevoie de un efort. La temperaturi pozitive, suprafața măzăricii tari este umedă. Măzăricea tare cade de obicei din norii *Cumulonimbus* și totdeauna împreună cu ploaia. Se produce mai ales primăvara și toamna.

Zăpada grăunțoasă - reprezintă precipitații care cad sub forma unor boabe, de culoare alburie mată. Boabele se aseamănă cu măzăricea moale, dar sunt cu mult mai mărunte. Diametrul boabelor nu depășește 1 mm. Zăpada grăunțoasă cade de obicei în cantități mici și provine de cele mai multe ori din norii *Stratus* (sau din ceață).

Granulele de gheață - sunt precipitații ce cad din nori sub forma unor sfere de gheață mărunte, solide și complet transparente sau translucide, având diametrul între 1 și 3 mm. Ele se formează prin înghețarea picăturilor de ploaie, când acestea în cădere ajung dintr-un strat cald al atmosferei într-unul rece. Granulele de gheață se deosebesc de măzăricea tare prin lipsa completă a sâmburelui alb mat. Uneori, în învelișul tare al grăunțelor de gheață mai rămâne apă înghețată. În acest caz, granulele de gheață, căzând pe obiecte tari, se sparg în tândări.

Grindina - reprezintă precipitații, care cad din nori sub formă de bucăți de gheață de diferite forme și dimensiuni. Nucleul grindinii este de obicei mat, înconjurat uneori de un strat transparent și alteori de straturi alternative transparente și mate. De cele mai multe ori, diametrul grindinii este mic (de circa 5 mm), dar în unele cazuri rare, se întâmplă să cadă grindină cu diametrul chiar de câțiva centimetri.

Grindina cade de cele mai multe ori în perioada caldă a anului din norii *Cumulonimbus* și de obicei este însoțită de averse de ploaie. Deseori, în caz de grindină, se observă și oraje. Căderea grindinii abundente și mari este aproape totdeauna însoțită de oraje puternice și de vânt tare. Grindina nu se poate produce niciodată când la suprafața solului, temperatura este sub 0°.

Produsele proceselor de condensare ce se desfășoară la suprafața solului sau pe obiecte poartă denumirea generică de **depuneri atmosferice**.

Pentru diferențiere, se dau mai jos definițiile fiecărui tip de depunere după sursa menționată mai sus.

Roua - rezultă din picăturile formate prin condensarea vaporilor de apă din aer, care vin în contact cu suprafața solului sau a diferitelor obiecte (plante, iarbă, frunzele

arborilor, acoperișuri etc.). Roua apare numai atunci, când suprafața pe care se formează este răcită până la o temperatură aflată sub punctul de rouă. Roua se formează noaptea și uneori seara, când sunt condiții favorabile pentru răcirea suprafeței solului, din cauza radiației nocturne. Roua este deosebit de abundentă pe suprafețele orizontale descoperite (iarbă, frunze, acoperișuri, scânduri etc.). Uneori roua este atât de abundentă încât poate forma o peliculă de apă de până la 0,5 mm.

Bruma. - este constituită din cristale fine de gheață, de culoare albă, pe suprafața solului sau pe obiectele de pe el. Cristalele de brumă se formează prin trecerea directă în gheață (prin sublimare) a vaporilor de apă din aer care vin în contact cu suprafața solului.

Bruma se produce în aceleași condiții ca și roua, în nopțile senine și calme, dar reci, de primăvară, toamnă sau iarnă. Singura deosebire este că pentru producerea ei, temperatura solului sau a obiectelor, trebuie să coboare sub 0° , (cu toate că la înălțime mică (2 m) temperatura aerului poate fi peste 0°).

Uneori bruma se formează, când condițiile pentru răcirea suprafeței solului și obiectelor din cauza radiației nocturne sunt deosebit de favorabile (atunci când timpul este calm sau suflă un vânt slab, când cerul este senin, norii sunt subțiri sau groși cu spărturi). Când există condițiile menționate, bruma se poate forma uneori chiar și în cazul aerului cețos. Adesea bruma se depune pe stratul de zăpadă.

Bruma acoperă și suprafața conductorilor aerieni cu ocazia răcirii lor radiative. În acest caz, se poate depune inegal: dedesubt mai puțin decât pe partea de deasupra. Bruma se poate depune și în condiții de vânt de până la 5 m/s; în aceste cazuri ea se depune mai ales pe partea expusă vântului. Depunerea maximă a brumei pe conductori aerieni de 5 mm în diametru nu depășește 2-3 mm. Cu cât conductorii sunt mai subțiri, cu atât se depune mai puțină brumă. Pe firele cu grosimea de 1 mm, bruma nu se formează. Acest lucru dă posibilitatea să se deosebească bruma de chiciură cristalină, care adeseori se aseamănă cu bruma din punct de vedere al condițiilor de formare și după aspectul exterior.

Chiciura moale (cristalină) - este o depunere formată din cristale de gheață cu o structură foarte fină. Atunci când se depune pe ramurile arborilor, pe conductorii aerieni, pe fibre etc., chiciura cristalină are forma unor ghirlande pufoase, care cad ușor la scuturare. Chiciura cristalină se formează deseori în orele de noapte, pe cer senin sau cu nori subțiri, la temperatura scăzută a aerului pe timp calm, când în aer se observă ceață sau aer cețos.

În aceste condiții, cristalele de chiciură se formează prin trecerea vaporilor de apă direct în stare solidă (prin sublimare), odată cu evaporarea picăturilor de ceață sau a aerului cețos. De cele mai multe ori, chiciura cristalină se formează la temperatura aerului cuprinsă între -11° și -25° , dar ea se poate forma și la temperaturi mai ridicate și mai scăzute decât aceste limite.

În unele cazuri, mai ales în timpul gerurilor foarte puternice (sub -30°), chiciura cristalină se poate forma fără ceață sau fără aer cețos, din vaporii de apă aflați în aer. Aceste condiții apropie criteriile de formare ale chiciurei cristaline de cele ale brumei.

Spre deosebire de brumă, depunerea chiciurii cristaline pe conductorii aerieni, este cu atât mai mare cu cât conductorul este mai subțire. Dimensiunile depunerii pe conductorii de 5 mm nu depășesc de obicei 4 cm, dar în unele cazuri pot atinge valori mult mai mari.

Uneori este greu să se deosebească chiciura cristalină de chiciura granulară. Trebuie avut în vedere faptul că pe suprafața chiciurii granulare, chiar la examinarea cea mai atentă, nu se deosebesc cristale de gheață de formă regulată și nici luciul muchiilor acestora. Chiar dacă se văd numai unele cristale sau numai părțile lor, atunci chiciura trebuie considerată cristalină.

Chiciură (tare-granulară) - este o depunere afânată în formă de zăpadă, de culoare albă mată, care se formează pe conductorii aerieni, pe arborii subțiri, pe fire de iarbă etc., în special pe timp cețos și cu vânt.

Ca aspect exterior, chiciura tare-granulară are o structură amorfă (necristalină). Uneori suprafața sa este acoperită cu proeminențe și chiar cu ace, dar aceste ace sunt mate, aspre, fără muchii cristaline.

Chiciura tare-granulară se formează în urma înghețării pe obiecte a picăturilor de ceață suprarăcite. În urma contactului cu obiectele, picăturile de ceață îngheață atât de repede, încât nu au timp să-și piardă forma și dau naștere la o depunere de gheață sub forma de zăpadă, fiind formate din grăunțe de gheață, cu aspect de zăpadă, care nu se disting cu ochiul liber.

Chiciura tare-granulară crește în special pe partea obiectelor expuse vântului. Temperatura aerului în timpul depunerii chiciurii, este de obicei cuprinsă între -2° și -7° , dar poate fi și mai scăzută. Uneori chiciura tare-granulară atinge dimensiunile care distrug liniile aeriene electrice și de telecomunicații. Dimensiunile chiciurii observate la stațiile de munte pot depăși 1m. O data cu intensificarea gerului și cu reducerea vitezei vântului, densitatea chiciurii granulare scade și treptat este înlocuită cu chiciura cristalină. Prin creșterea temperaturii aerului și cu mărirea picăturilor de ceață până la dimensiunile picăturilor de burniță, densitatea chiciurii granulară crește și se transformă treptat în polei.

Chiciura granulară seamănă uneori cu poleiul cu aspect tulbure și se deosebește de acesta numai prin faptul că la rupere se fărâmițează în mâini, pe când poleiul se comportă ca un corp solid omogen. Afară de aceasta, suprafața poleiului este de obicei netedă.

Poleiul - este depunerea unui strat de gheață, de cele mai multe ori omogenă și transparentă, care se produce în urma înghețării picăturilor suprarăcite de burniță sau ploaie, pe orice obiect a cărui suprafață are temperatura sub 0°C sau foarte puțin peste 0°C . Poleiul se poate produce și prin înghețarea picăturilor de ploaie sau de burniță care nu sunt în stare de suprarăcire, când ele se ciocnesc de obiectele a căror temperatură este cu mult sub 0°C .

O altă categorie de produse de condensare o reprezintă **suspensiile de particule lichide sau solide de apă**. Definițiile acestora se prezintă în continuare.

Acele de gheață - sunt cristale de gheață neramificate, având forma de ace, bastonașe sau plăcuțe - atât de ușoare încât par a fi suspendate în atmosferă. Acele de gheață pot cădea din nori sau pe timp senin.

Acele de gheață, privite prin razele solare, dau naștere la coloane luminoase sau la alte fenomene de halo. Acest hidrometeor este frecvent în regiunile polare și se produce la temperaturi foarte coborâte și în mase de aer stabile.

Ceața cu cer invizibil - este acumularea unor picături foarte fine de apă, sau de cristale de gheață (uneori amestecul lor), în stratul de aer din imediata apropiere a suprafeței Pământului, din care cauză vizibilitatea scade sub 1 km. Picăturile de apă nu se văd cu ochiul liber, sunt însă într-o cantitate atât de mare încât se simte umezeala în aer. Culoarea ceții este alburie, iar în zonele industriale, ea poate avea o nuanță murdar-gălbui.

Ceața cu cer vizibil - este ceața cu vizibilitatea orizontală mai mică de 1 km, la fel ca în cazul ceții cu cer invizibil, dar deasupra observatorului, care se află în ceață, apare cerul sau se văd norii.

Ceața la distanță - nu învăluie stația, ci se observă la o distanță oarecare ca un strat albicios mai înalt de doi metri. În acest caz, vizibilitatea la stație este mai mare decât 1 km.

Ceața joasă la sol - este ceața, care se formează într-un strat subțire (în special deasupra locurilor joase și deasupra apei mării, lacurilor, râurilor, mlaștinilor, luncilor etc.).

Grosimea ceții la sol poate ajunge până la 2 m. Cețurile la sol se formează mai ales pe timp senin în cursul nopții și de obicei se risipesc după răsăritul Soarelui.

Ceața cu ace de gheață - este formată din cristale de gheață. Ea se produce în cazul gerurilor intense și a umezelii ridicate a aerului. Vizibilitatea orizontală este sub 1 km, iar cerul poate fi invizibil sau vizibil.

Aerul cețos - este suspensia în aer a picăturilor microscopice de apă sau a particulelor foarte higroscopice umezite, datorită cărora vizibilitatea este redusă între 1 - 10 km. Aerul cețos formează un văl cenușiu, în general puțin dens. Umezeala relativă în aerul cețos este sub 100%.

Ceața de evaporatie - este o ceață joasă, care se ridică în rotocoale, uneori destul de dense și care se formează deasupra mării, lacurilor sau râurilor neînghețate, în perioada rece a anului, în cazul diferențelor mari de temperatură între apă și aer. Acest fenomen are loc în special deasupra suprafețelor de apă, dar în cazul unui vânt puternic se poate propaga și pe distanțe mici deasupra uscatului.

Toate aceste categorii poartă denumirea generică de **hidrometeori**.

7.2 Măsurarea precipitațiilor

Asupra precipitațiilor atmosferice se fac atât observații calitative cât și observații cantitative. Cantitatea de precipitații se exprimă prin grosimea în mm pe unitatea de suprafață orizontală a solului presupunând că nu există pierderi prin scurgere, infiltrare și evaporare. Precipitațiile solide se măsoară prin grosimea stratului de apă, rezultate din topirea acestora.

7.2.1 Pluviometre

În mod curent în stațiile meteorologice și la posturile pluviometrice, cel mai intens folosit sunt pluviometrele. Instrumentul standard este pluviometrul I.M.

Pluviometrul tip I.M.

Este format din corpul sau cilindrul, colectorul, dispozitivul de zăpadă și eprubeta (figura 86).

Corpul pluviometrului - este un cilindru de tablă de zinc, cu lungimea de 40 cm, care are la partea superioară un inel de bronz *l* (sau de alamă), cu marginea ascuțită, cu diametrul de 159,5 mm, astfel că suprafața receptoare pentru precipitații este de 200 cm².

La exterior, corpul cilindric al pluviometrului este prevăzut cu două inele metalice *1* și *2*, care au rolul de a-i mări rezistența, precum și de a permite fixarea în suportul pluviometrului S (figura 86b).

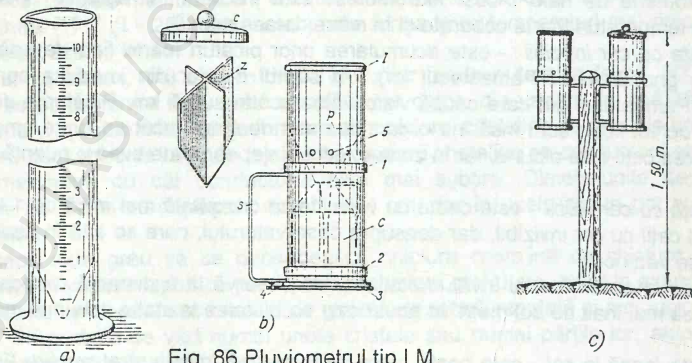


Fig. 86 Pluviometrul tip I.M.

(a - eprubeta pluviometrică; b - pluviometrul tip I.M.; c - instalarea pluviometrului I.M.)

Capetele acestui suport se introduc în urechile inelelor. De inelul inferior 2, mai este angrenată bara metalică 3, care permite închiderea cu un lacăt a pluviometrului.

Pe corpul pluviometrului, deasupra inelului 1, sunt niste orificii, care au rolul de a asigura ventilația și deci de a diminua evaporarea apei colectată. Corpul pluviometrului mai este prevăzut și cu un capac care se folosește conform instrucțiunilor. În interiorul corpului, se află sudată pâlnia P , care are rolul de a permite scurgerea apei provenită din precipitații în vasul colector. Pluviometrele de tip I.M. sunt prevăzute cu 2 cilindri de acest fel.

Colectorul pluviometric (C) - este un vas cilindric, terminat cu o parte tronconică, având capacitatea de 2,5 l. Acest colector este prevăzut cu o toartă, iar pe partea sa cilindrică se află 3 proeminențe metalice, numite pene de centrare (dispuse fiecare la 120°). Acestea au rolul de a menține concentric și la o oarecare distanță pereții vasului colector de corpul pluviometrului, în scopul de a anihila încălzirea apei colectate și deci evaporarea acesteia. Gâtul pâlniei pătrunde etanș în gura colectorului, împiedicând astfel evaporarea apei colectate.

Dispozitivul de zăpadă (Z) - este format din două plăci de tablă de zinc dispuse cruciș. Partea inferioară este tăiată la un unghi corespunzător pâlniei receptoare a pluviometrului. Acest dispozitiv se folosește numai în timpul iernii, pentru ca zăpada să nu fie spulberată din pluviometru. Dispozitivul de zăpadă se scoate din pluviometru primavara. În caz contrar, prin încălzire, se produce evaporarea apei colectoare.

Eprubeta pluviometrică - este un cilindru de sticlă, cu care se măsoară apa provenită din precipitații din vasul colector (figura 86 a). Eprubeta este gradată în unități pluviometrice, care reprezintă înălțimea în mm a stratului de apă, raportată la suprafața receptoare, de 200 cm^2 , a pluviometrului.

Eprubeta pluviometrică este dimensionată, conform relației :

$$Sx = s \cdot h \quad (1)$$

în care :

S - suprafața receptoare a pluviometrului;

s - secțiunea eprubetei;

x - înălțimea apei căzute;

h - înălțimea apei măsurată cu eprubeta.

Din relația de mai sus deducem :

$$x = \frac{s}{S} \cdot h \quad (2)$$

adică eprubeta este gradată în funcție de raportul constant s/S al celor două secțiuni.

Pe eprubetă sunt gradate 100 de diviziuni, care, din 10 în 10, sunt marcate cu cifre. Intervalul dintre două cifre consecutive reprezintă deci, 1 mm înălțimea stratului de apă, care a căzut pe suprafața de 200 cm^2 . În mod obișnuit, milimetrii de precipitație se consideră pe suprafața de 1 m^2 .

Pluviometrul Tretiakov

Este format din două corpuri pluviometrice, un ecran cu palete, un stâlp de susținere și o eprubetă pluviometrică (figura 87). Vasul pluviometric este de formă cilindrică, cu înălțimea de 40 cm terminat la partea superioară cu un inel de bronz cu marginea ascuțită.

Ca și la pluviometrul I.M. suprafața receptoare este de 200 cm^2 corespunzând unui diametru de 159,5 mm. În interiorul acestui vas, la distanța de 210 mm de la gură, este sudată diafragma d care are forma unui trunchi de con.

Orificiul central al acestei diafragme se poate închide cu pâlnia p , în perioada caldă a anului, cu scopul de a reduce evaporarea apei colectate.

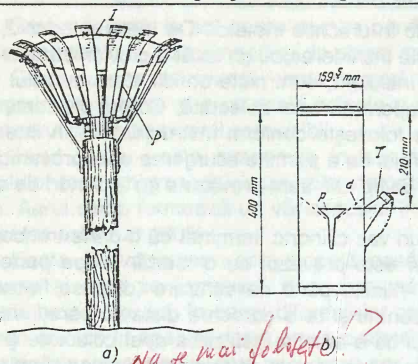


Fig. 87 Pluviometrul Tretiakov
(a-pluviometrul Tretiakov; b-vasul pluviometric)

Acest tub de scurgere se acoperă cu căpăcelul c, care este legat de corpul pluviometrului cu un lăntișor. Menționăm că pluviometrul Tretiakov nu are un vas colector, astfel că apa provenită din precipitații se scurge în partea inferioară a corpului.

Partea inferioară a corpului este întărită cu un cerc metalic. Corpul pluviometrului mai este prevăzut cu un capac care se scoate în momentul când acesta se instalează pe suportul respectiv, înlocuind pe cel cu care se efectuează măsurătoarea.

Ecranul pluviometric este format din 16 palete de formă trapezoidală P, având capetele superioare (mai mari) îndoite înspre exterior cu un șablon special. La partea superioară, paletelile au dispozitive de fixare pe inelul metalic I. Acestea se așează la intervale egale pe inelul metalic (figura 87 b), iar la partea inferioară sunt legate între ele prin 2-3 verigi înlănțuite de sârmă.

Eprubeta cu care se efectuează măsurarea apei, provenită din precipitații, este aceeași, utilizată și la pluviometrul tip I.M.

7.2.2. Pluviografe

Pentru înregistrarea cantității de precipitații se utilizează pluviografele. Pluviogramele au avantajul de a permite determinarea în plus cu exactitate a duratei și intensității precipitațiilor. În stațiile meteorologice se utilizează pluviografele tip Riga.

Pluviografalul (figura 88) este alcătuit dintr-un colector și o parte înregistratoare. Receptorul pluviografului este format dintr-un vas cilindric (1) cu o suprafață de colectare de 500 cm². Fundul vasului are forma conică, cu o deschidere prevăzută cu o sită cu găuri pentru scurgerea apei. El se termină printr-un tub de scurgere care intră în pâlnia altui tub (2), iar acesta comunică cu camera plutitorului (3) (figura 88 a,b). Vasul receptor (1) este fixat într-o carcasă metalică cilindrică, în interiorul căreia, pe o placă metalică orizontală se află recipientul sau camera (3) cu dispozitivul de transmitere, tamburul (9) cu mecanismul de ceas, sifonul pentru scurgerea precipitațiilor (8) și vasul de control (10). În interiorul camerei (3) se află plutitorul metalic gol (4), de care este fixată tija verticală (5) ce iese printr-o gaură din capacul camerei cu plutitor. Pe tijă (5) este fixată pârghia peniței (6) care face înregistrarea pe diagramă. Pe capacul camerei cu plutitor este fixat opritorul care servește pentru îndepărtarea peniței (6) de tambur.

Camera cu plutitor este prevăzută cu un tub lateral (11) în care este introdus sifonul de sticlă (8). Capătul sifonului introdus în tub este încastrat într-un tub metalic pe care se așază manșonul de sprijin (7). Prin sifon, apa se scurge în vasul de control (10). În timpul ploii, pe măsură ce apa din precipitații se scurge din vasul receptor în camera cu plutitor, nivelul apei din această cameră crește treptat. Odată cu aceasta, plutitorul se ridică vertical și penița înscrie pe diagramă o linie ascendentă.

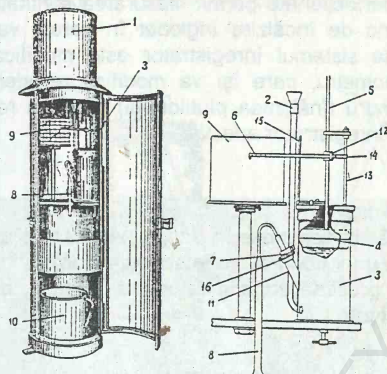


Fig. 88 Pluviograful și construcția sa interioară

În momentul când apa din camera cu plutitor ajunge la nivelul curburii sifonului, ea se scurge repede în vasul de control.

Sifonul se instalează în așa fel, ca scurgerea apei să aibă loc în momentul în care s-a acumulat un strat de precipitații de 10 mm (100 de diviziuni ale diagramei). În urma scurgerii apei, penița coborând până la diviziunea zero a diagramei, trebuie să înscrie o linie verticală.

Pluviograma (figura 89) se schimbă zilnic și se prelucrază, notându-se ora și cantitatea de precipitații înregistrate.

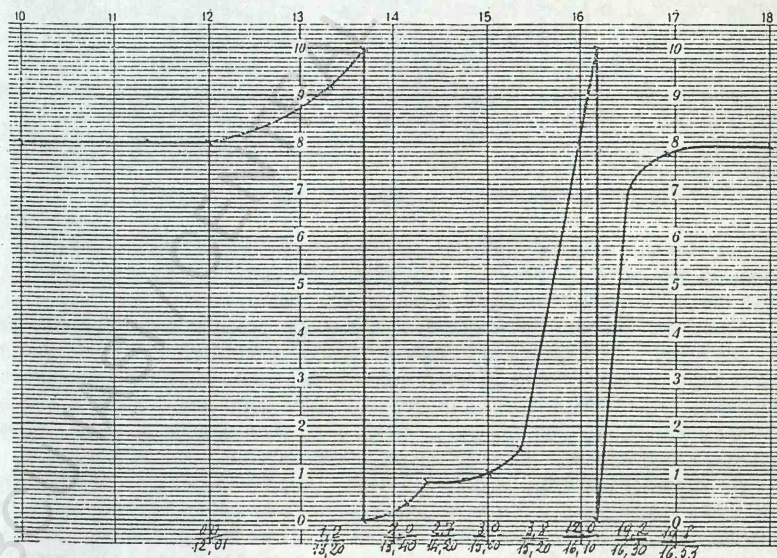


Fig. 89 Pluviogramă

(primul rând de cifre - cantitatea de precipitații; al doilea rând de cifre - modificări ritmului precipitațiilor)

Aparatele mai perfecționate permit măsurarea cantității de precipitații din zăpadă printr-un sistem electric de încălzire înglobat în pereții vasului receptor, ce topește zăpada. De asemenea sistemul înregistrator este modificat, în sensul că plutitorul, acționează un potențiomtru, care își va modifica rezistența electrică în funcție de înălțimea apei din cilindru (înălțimea plutitorului). Variația rezistenței este surprinsă cu ajutorul unui dispozitiv înregistrator adecvat.

Studiu de caz

În cadrul cercetărilor complexe în podișul Babadag s-a urmărit și diferențierea sub raportul precipitațiilor a unor tipuri de vegetație forestieră.

În figura 90 se prezintă variația anuală a cantității de precipitații primite de trei comunități forestiere diferite.

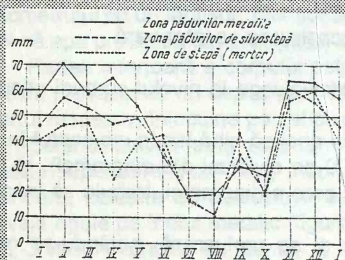


Fig. 90 Dinamica anuală a cantității de precipitații atmosferice primite de pădurile și pajiștile din Podișul Babadag (medii 1960 - 1964)

În afară de dinamica diferită a cantității de precipitații (curbă cu două maxime, valori medii, extreme, amplitudini) au fost puse în evidență și diferențe între zonele investigate.

7.2.3 Măsurarea acidității precipitațiilor

În ultimele decenii, datorită extinderii fenomenelor de debilitare a pădurii interesează din ce în ce mai mult și aciditatea precipitațiilor, socotită ca fiind una din cauzele majore în potențarea fenomenului amintit mai sus.

Stabilirea nivelului de aciditate al apelor din precipitații, constituie o problemă destul de diferită, căci, praful din depuneri solide, spălat de către ploi poate modifica valoarea pH-ului cu 2-3 trepte. În acest context, este necesar ca materialul din care sunt confecționați receptorii să fie practic inert, iar între două ploi, aceștia să fie acoperiți pentru a se evita pătrunderea prafului. Astfel, și-au făcut apariția pe piață, instalații care permit măsurarea exactă a valorii pH din apele de precipitații (figura 91).

Un asemenea aparat funcționează astfel : la primele picături - senzorul de ploaie (M) dă comanda de deschidere a capacului recipientului colector. Astfel apa pătrunde în recipientul care a fost menținut curat. Măsurarea pH se face în camere speciale (K) cu ajutorul sondei (S). Apoi, apa se scurge în cupele tarate ale dispozitivului basculant (W). Acest dispozitiv este astfel construit, încât la atingerea valorii de 0,1 mm precipitații are loc bascularea. Numărul de basculări reprezintă măsura exactă a cantității de precipitații căzute. Cu ajutorul unui contor, se determină numărul de basculări în unitatea de timp.

deci intensitatea ploii. Acest sistem de înregistrare permite digitizarea directă a valorilor înregistrate.

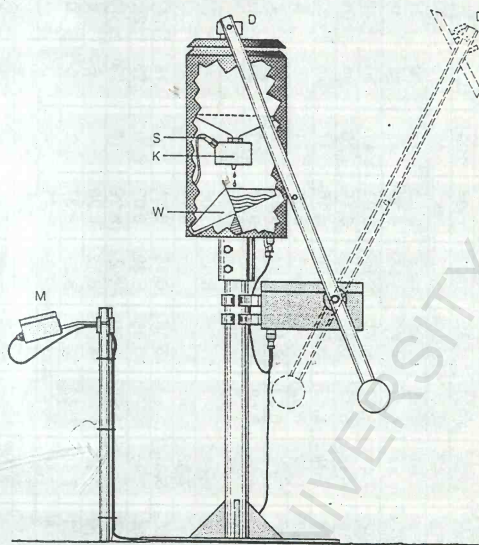


Fig. 91 Instalație pentru măsurarea valorii pH din apele de precipitații (D-sistem de închidere (capac); S-sondă de măsurarea pH; K-recipientul de măsurare pH; W-mecanism cu cupe basculante; M-senzorul de ploaie)

Studiu de caz

Pentru a se analiza influența acidității precipitațiilor pe spații mari (jud. Suceava) s-au făcut determinări asupra valorii pH a ploilor în perioada 1991 - 1994. Dotarea actuală nu a permis determinarea valorilor pH - in situ. Aceste determinări efectuându-se în laborator.

Rezultatele acestor măsurători se prezintă în tabelul 4.

Din analiza lor se desprind câteva concluzii:

- În raza județului Suceava pot fi delimitate cel puțin trei zone în raport cu incidența ploilor acide:
 - zona Vatra Dornei - Călimani cu circa 40% ploi acide;
 - zona Câmpulung - Rădăuți - 20% ploi acide;
 - zona Suceava - Fălticeni - lipsa ploilor acide, frecvente ploi bazice.
- În perioada 1991-1994 în zona Vatra Dornei-Călimani a fost surprinsă o tendință de creștere a valorii pH în apele de precipitații, care se explică prin reducerea activității industriale din zonă și probează o corelație strânsă între activitatea cu emisii de poluanți și aciditatea ploilor pe de o parte și frecvența căderilor de precipitații acide de cealaltă parte
- În zonele cu o industrie chimică dezvoltată (Suceava-Fălticeni) încărcarea cu ioni a apelor de precipitații este puternic influențată de emisiile specifice.

Tabelul 4

Analize precipitații - valori pH în perioada 1991 - 1994 (Barbu I., Valeria Dîțoiu, 1996)

Zona	Pct. de recoltare	Valori minime				Valori maxime				Valori medii				% valori pH < 5,6			
		1991	1992	1993	1994	1991	1992	1993	1994	1991	1992	1993	1994	1991	1992	1993	1994
Vatra Dornei	Călimani incin soc.	4,04	3,85	4,27	4,97	6,3	6,7	6,69	6,46	5,6	5,66	5,52	6	48	44	30	21,74
	Gura Haliilor	4,64	5,1	3,37	4,67	6,23	6,88	6,68	7,54	5,63	5,48	5,37	6,02	42	40	37	23,33
	Oitoala	4,6	4,58	3,8	4,61	6,4	7,02	7	7,44	5,72	5,87	5,95	6,23	43	24	36	16,13
	Vatra Dornei centru	5,02	4,56	3,1	4,45	6,6	7,16	7,07	7,41	5,67	5,73	5,58	6,03	47	36	46	25
	Dornicșoara	4,92	4,6	4,32	4,59	7,08	7,12	7,18	7,48	5,73	5,91	5,85	6,15	26	21	25	23,81
Câmpulung	Iacobeni	4,91	5	4,44	4,83	6,73	7,1	6,95	7,34	5,83	6,04	5,75	6,16	47	25	52	9,38
	Câmpulung centru	4,62	5,6	5,66	5,96	7,06	7,29	7,38	7,32	5,92	6,53	6,51	6,51	21	2	3	0
	Moldova Sulița	5,15	5,65	5,87	5,66	6,83	7,42	7,8	7,62	6,33	6,19	6,93	6,55	10	6	1	0
	Argel Molodvîța	5,33	4,8	5,65	5,66	6,9	7,26	7,24	7,64	6,53	6,08	6,02	6,73	27	28	12	0
	Ostra	4,81	5,79	5,56	4,88	6,83	6,95	6,95	7,05	5,82	6,25	5,96	6,39	-	-	17	6,67
Rădăuți	Sfîlșoara	-	-	4,84	4,25	-	-	6,78	-	-	-	6,45	7,06	-	-	28	25
	Bilca	-	-	-	5,52	-	-	-	7,33	-	-	-	6,16	-	-	-	20
	Domești	-	5,62	5,4	5,28	-	6,4	7,26	6,31	-	5,89	6,35	6,31	-	14	33	9,1
	Gălnănești	-	5,8	5,7	5,01	-	7,28	7,44	7,46	-	5,95	6,33	6,02	-	23	21,6	33,3
	Rădăuți centru	4,4	5,3	5,16	5,29	6,76	6,62	7,47	7,48	5,98	5,99	6,2	6,29	18	23	13	16,7
Suceava	Sucevița	-	5,46	6,35	5,43	-	6,18	7,19	7,43	-	5,82	6,82	6,26	-	6	0	16,7
	Sădii APM	5,7	5,82	5,91	5,61	7,89	7,5	7,52	7,44	6,63	6,52	6,67	6,37	0	0	0	0
	Burduleni	-	7,11	7,02	5,83	-	8,52	8,39	7,61	-	7,44	7,2	6,78	-	0	0	0
	Tisăuți	-	6,28	6,55	5,05	-	8,02	7,8	7,44	-	6,98	6,79	6,6	-	0	0	0
	Verșești	-	-	-	-	-	-	-	7,27	-	-	-	6,46	-	-	-	5,9
Fălceni	Borșoia	-	5,72	5,92	4,12	-	7,48	7,76	7,07	-	6,52	6,56	6,07	-	0	0	25
	Fălceni centru	-	5,92	6,08	5,58	-	8,07	9,71	7,07	-	6,82	7,2	6,46	-	0	0	6,67
	Fălceni - z ind.	-	5,26	4,75	5,94	-	8,31	10,46	8,36	-	6,9	7,06	6,87	-	2	2	0
	Preutești	-	-	6,83	5,83	-	-	7,45	7,45	-	-	6,52	6,7	-	-	0	0

7.3 Măsurători asupra zăpezii

7.3.1 Rigle de zăpadă (nivometrice)

Pentru determinarea grosimii stratului de zăpadă se folosesc riglele nivometrice portative și fixe (figura 92 a,b)

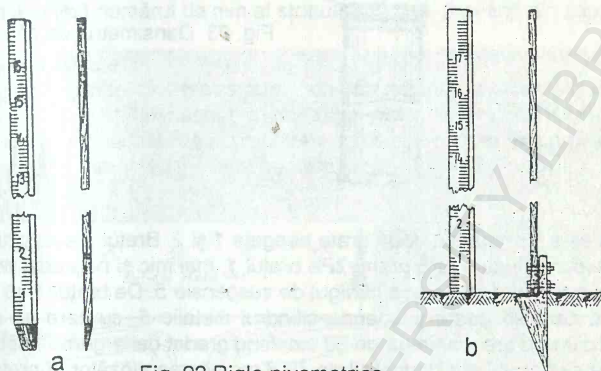


Fig. 92 Rigle nivometrice
(a-rigla portativă; b-rigla fixă)

Rigla portativă (figura 92a) este o bară paralelipipedică de lemn, ascuțită la un capăt și prevăzută pe această porțiune cu o garnitură metalică (de tablă).

Dimensiunile sunt de obicei 180 x 4 x 2 cm iar gradația din centimetru în centimetru (cu vopsea albă și roșie alternativ, sau pirogravate), numerotarea fiind și ea alternativă, pe stânga și pe dreapta, din 10 în 10 cm.

Grosimea stratului se determină prin afundarea riglei în zăpadă, până ce garnitura metalică de la vârf atinge suprafața solului. Aceste determinări se fac pe platforme descoperite și plane, în mai multe locuri, luându-se media aritmetică a determinărilor, ca grosime medie a stratului de zăpadă. Riglele fixe (figura 92b) se instalează câte 3 pe o platformă, dispuse în vârfurile unui triunghi echilateral cu latura de 10 m. Grosimea stratului de zăpadă va fi media aritmetică a celor 3 determinări. Riglele fixe au dimensiunile de 180 x 6 x 2 cm. Ele se fixează către sfârșitul toamnei pe niște țaruși de lemn cu ajutorul unor șuruburi cu piulițe. Înălțimea riglelor se stabilește în funcție de grosimea cea mai mare a stratului de zăpadă din regiunea respectivă. Diviziunile de pe riglă trebuie să fie clare și precise. Toleranțele în gradarea riglelor nu trebuie să depășească $\pm 0,5$ mm.

În perioada caldă a anului riglele de zăpadă fixe se scot de pe platforma respectivă (începutul primăverii) și se depozitează cu grijă spre a nu se îndoi.

7.3.2 Densimetrul pentru determinarea densității zăpezii

Densitatea zăpezii prezintă importanță prin faptul că de ea depinde rezerva de apă din sol. De asemenea, stratul de zăpadă, în funcție de densitate, va avea o conductibilitate termică mai mare sau mai mică. Astfel cu cât densitatea zăpezii va fi mai mică, deci stratul de zăpadă mai afânat, zăpada va avea o conductibilitate termică mai mică și deci înghețul solului nu se va produce. De menționat faptul că zăpezile dense cu un conținut ridicat de apă pot produce daune vegetației forestiere prin ruperea trunchiurilor și ramurilor arborilor. Pentru determinarea densității zăpezii se folosește densimetrul balanță (gravimetric). Acesta este format dintr-o balanță simplă (romană) și dintr-un cilindru metalic ce se poate atașa balanței (figura 93).

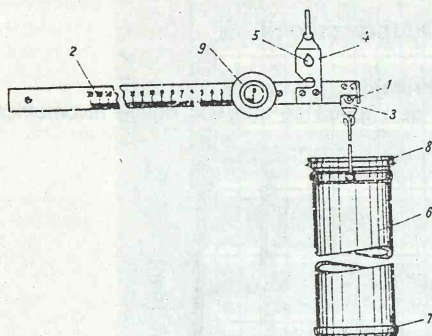


Fig. 93 Densimetrul de zăpadă

Balanța este formată din două brațe neegale 1 și 2. Brațul 2 este gradat în diviziuni mici, care corespund fiecare la 5 grame. Pe brațul 1, mai mic și negradat se află cuțitul de suspensie 4, la care se poate atășa cârligul de suspensie 5. De brațul 1 se găsește atașat un suport 3, la care se poate suspenda cilindrul metalic 6, cu care se iau probele de zăpadă. Acest cilindru are lungimea de 60 cm, fiind gradat de la gura 7, către fundul 8, din cm în cm. Gura cilindrului are diametrul de 79,8 mm, corespunzător suprafeței receptoare de 50 cm². Pentru ca cilindrul să pătrundă ușor în stratul de zăpadă, gura lui este prevăzută cu dinți ca la fierăstrău. Fundul cilindrului are un capac, care se scoate în timpul luării probelor de zăpadă.

Cilindrul gol este echilibrat de contragreutatea 9, ce se poate deplasa pe brațul gradat al balanței și care, în cazul echilibrului, se află la gradația 0.

Pentru determinarea densității zăpezii se folosește relația :

$$d = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Pentru aflarea masei m a zăpezii, densimetrul se scoate din cameră, cel puțin cu o jumătate de oră înaintea de determinare, pentru ca să ajungă la temperatura mediului. În caz contrar, el va topi zăpada. Se scoate capacul de la fundul cilindrului și apoi se afundă în zăpadă cu gura dințată, până ce atinge solul. Cu ajutorul unei mici lopeți, ce se introduce sub gura cilindrului, se ia în cilindru toată zăpada de pe sol. Se citește pe peretele exterior al cilindrului înălțimea i a stratului de zăpadă introdus în cilindru. Apoi, cilindrul cu zăpadă se atașează la balanță și se află masa zăpezii din interiorul lui, care va fi 5 n (deoarece fiecare diviziune de pe brațul balanței corespunde la 5 grame).

Volumul V al zăpezii din cilindru va fi $50 \times i$, iar densitatea zăpezii :

$$d = \frac{5 \cdot n}{50 \cdot i} = \frac{n}{10 \cdot i} \quad (4)$$

Densitatea zăpezii va fi deci, dată de raportul dintre numărul diviziunilor citite pe brațul balanței și înălțimea stratului de zăpadă multiplicată cu 10.

Dacă stratul de zăpadă este mai gros de 60 cm, măsurarea înălțimii lui se poate face în două, trei sau mai multe etape.

Menționăm că pe baza datelor folosite la determinarea densității zăpezii se poate calcula și grosimea stratului de apă care provine din topirea ei.

Astfel, numărul diviziunilor citite pe balanța densimetrului pentru secțiunea transversală a cilindrului (50 cm²) și pentru mărimea unei diviziuni a balanței de 5 grame, este egal cu numărul de mm al stratului de apă căutat.

Greutatea probei de zăpadă este egală cu $5n$; în același timp, $5n$ este volumul apei din proba luată. Deci dacă vom împărți volumul cu mărimea suprafeței și vom înmulți cu 10, vom obține înălțimea stratului de apă în mm :

$$\frac{5n \cdot 10}{50} = n \quad (5)$$

Astfel, n exprimă numărul de mm al stratului de apă, provenit din zăpadă.

Studiul de caz

Pentru determinarea dinamicii stratului de zăpadă într-un ochi de doborâtură, situat la 1470 altitudine, a fost amplasată o rețea de rigle nivometrice fixe, ce au permis stabilirea zonelor și perioadelor de acumulare a zăpezii. În figura 94 se prezintă dinamica stratului de zăpadă în iarna 1981 - 1982 pe o traversă nord-sud.

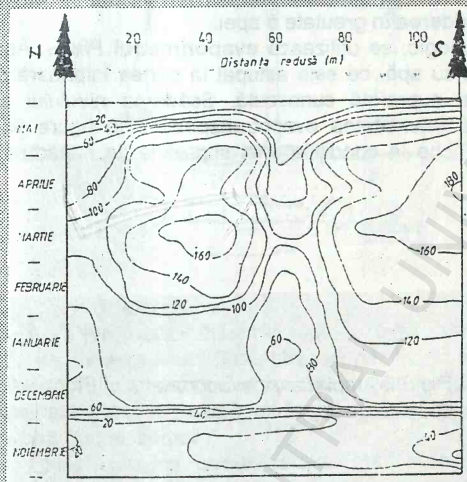


Fig. 94 Cronoizolinile grosimii stratului de zăpadă într-un ochi doborât de vânt Călimani - 1470 m

Neuniformitatea de acumulare se accentuează o dată cu avansarea în grosime a stratului de zăpadă. În centrul ochiului, atât acumularea, cât și topirea zăpezii sunt mai accelerate.

8. DETERMINAREA EVAPORARII

8.1 Aspecte generale

Sub aspect strict fizic evaporarea reprezintă transformarea apei din stare lichidă în stare de vapori. În natură însă, evaporarea este un proces complex cu diferite aspecte.

Se vorbește de evaporare, atunci când avem o suprafață de pe care apa trece în stare de vapori fără influența unor procese vitale, biologice. Aceasta prezintă două aspecte : **evaporarea reală** și **evaporarea potențială** sau capacitatea maximă de evaporare.

În cazul intervenției unor elemente biologice, aceasta prin procesele de transpirație, influențează evaporarea. De aceea se utilizează termenul de evapotranspirație.

- **Evapotranspirația reală ETR** - reprezintă cantitatea de apă efectiv cedată atmosferei prin procesul de evapotranspirație

- **Evapotranspirația potențială ETP** - reprezintă cantitatea de apă cedată în cazul unei aprovizionări optime cu apă.

Interesează mai ales intensitatea proceselor de evaporare. De aceea se exprimă prin cantitatea de apă cedată în unitatea de timp (ora, zi, luna, an) - în mm sau l/m^2 .

8.2 Măsurarea evapotranspirației

Cel mai simplu mod de determinare al acestui parametru îl reprezintă metoda **bazinului de evaporare**. Acesta constă într-un recipient deschis de suprafață cunoscută așezat în atmosfera liberă. Rata evaporației se măsoară prin scăderea nivelului apei. Un asemenea procedeu se bazează pe scăderea în greutate a apei.

Pentru cercetări cu caracter ecologic, se utilizează **evaporimetrul Piche**. Acesta constă dintr-un cilindru gradat, umplut cu apă, ce este astupat la partea inferioară cu o rondelă verde din hârtie poroasă de suprafață cunoscută. Scăderea nivelului apei, măsurată în intervalul de timp indică intensitatea evapotranspirației. În figura 95 se prezintă amplasarea evaporimetrului Piche în condițiile unei suprafețe de împădurit din zona montană.

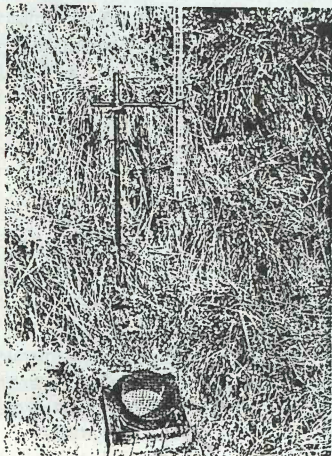


Fig. 95 Amplasarea evaporimetrului Piche într-o suprafață supusă împăduririi din zona montană

Un alt tip de evaporimetru este aparatul numit **Czeratzki** - ce constă din suprafață de evaporare constituită dintr-o rondelă ceramică poroasă pusă în legătură prin intermediul unui tub de cauciuc cu un rezervor gradat. Coborârea nivelului apei în rezervor, indică intensitatea evaporării. Acest aparat poate avea ca variantă constructivă, evaporigraful.

Un alt tip de evaporimetru (Wild) se bazează pe cântărirea apei evaporate de pe o suprafață cunoscută. În figura 96 se prezintă acest tip de aparat, o balanță cu talerul adaptat pentru o cantitate cunoscută de apă.

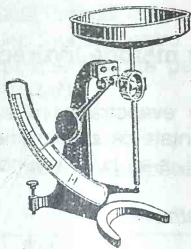


Fig. 96 Evaporimetrul Wild

Pentru măsurători asupra evaporației apei din sol se utilizează aparatele numite lizimetre. Acestea sunt blocuri de sol prelevate din zonele unde se urmărește evaporarea apei din sol, cântărite periodic (figura 97).

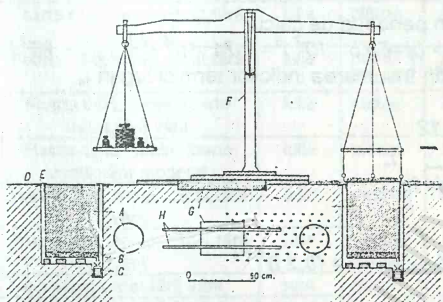


Fig. 97 Lizimetrul
(A-vas cu pământ; B-monolitul de sol; C-vas de colectare; D, E-capace de etanșare; F-picioarul balanței; G-fundație; H-șine)

Studiu de caz

Prin intermediul măsurătorilor de evapotranspirație se pune în evidență bilanțul apei în sol. Acesta poate fi negativ sau pozitiv, în funcție de natura suprafeței investigate. În figura 98 se prezintă cantitatea de precipitații și evapotranspirația potențială determinată pentru un sezon de vegetație, în Alpii Austrieici (1750 m altitudine, vârsta 15 ani, molid, larice, zămbru).

După cum se poate vedea, atât precipitațiile cât și evapotranspirația sunt influențate de desimea culturilor, bilanțul hidric având valoarea cea mai ridicată (156 mm) pentru suprafața acoperită cu 130 puieti/ar.

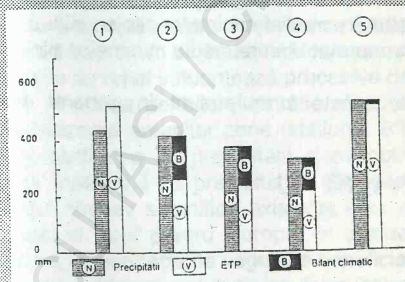


Fig. 98 Bilanțul hidric pentru diferite grade de acoperire ale suprafețelor împădurite (1-suprafață liberă expozitie vestică, 5-suprafață liberă expozitie estică; 2-suprafețe acoperite- 130 puieti/ar; 3-suprafețe acoperite -155 puieti/ar, 4-suprafețe acoperite - 173 puieti/ar)

8.3 Determinarea evapotranspirației prin metode indirecte

Intrucât este greu de determinat precis valoarea evapotranspirației reale și a evapotranspirației potențiale și întrucât acestea sunt influențate de alți parametri climatici: viteza vântului, cantitatea de căldură și umiditatea aerului, s-au pus la punct o serie de relații ce pot da valoarea evapotranspirației potențiale.

Una din cele mai folosite formule a fost relația *Thornthwaite* :

$$ETP = 1,6 \frac{(10 t)^a}{I} \quad (1)$$

în care :

t = temperatura medie a aerului în perioada de calcul

a = funcție complexă a indicelui I - ($a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,49$)

I - indicele termic anual rezultat din însumarea indicilor termici lunari i_e

$$I = \sum_{i=1}^{12} i_e \quad (2)$$

i_e se calculează cu formula :

$$i_e = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514} = (0,2 t)^{1,514} \quad (3)$$

t = temperatura medie lunară în °C

Intrucât această formula utilizează ca date de intrare temperatura medie lunară, s-au întocmit nomograme ce permit determinarea directă a ETP, de către meteorologul C.Donciu.

O altă relație utilizată este formula *Papadakis*:

$$E = 0,5625 (e_{max} - e_{m-2}) \quad (4)$$

în care:

E = Valoarea lunară a ETP -mm

e_{max} - tensiunea de saturație corespunzătoare mediei maximelor zilnice - mbar

e_{m-2} - tensiunea de saturație corespunzătoare mediei minimelor zilnice minus valoarea 2 ce reprezintă diferența normată dintre media minimelor zilnice și punctul de rouă

De notat că în studiile mai recente, aceste formule sunt în general evitate, utilizându-se relația *PENMAN* după care :

$$W = \zeta \cdot Q + (1 - \zeta) \cdot v \cdot (E_L - e_e) \quad (5)$$

în care :

W - rata de evaporație în mm/zi

ζ - constantă *PENMAN*

Q - bilanțul radiativ

v - influența vitezei vântului

$E_L - e_e$ - deficitul de saturație a aerului.

Această formulă este valabilă numai pentru suprafețe deschise bine aprovizionate cu apă - deci numai pentru calculul valorilor ETP. În tabelul 5 se prezintă valori ale evapotranspirației stabilite pentru diferite condiții aerosinoptice și de relief cu ajutorul formulei *PENMAN*.

Tabelul 5

Valori ale evapotranspirației stabilite cu ajutorul formulei *PENMAN*
(Hackel, 1993)

Nr.	Starea vremii	Luna	Relief	Medii zilnice pentru :			Durata strălucirii soarelui h (%)	Evapotranspirație mm.zi ⁻¹
				Temp. ° C	Umid. rel. %	Viteză vânt m.s ⁻¹		
1	Cald, senin, uscat, fără vânt	iulie	platou	17,6	65	1,5	10 (63)	4,4
2	Foarte cald, senin, uscat, fără vânt	iulie	platou	20,5	65	1,5	10 (63)	4,8
3	Foarte cald, senin, uscat, fără vânt	iulie	platou	20,5	65	1,5	15 (95)	5,7
4	Foarte cald, senin, foarte uscat, fără vânt	iulie	platou	20,5	50	1,5	10 (63)	5,2
5	Foarte cald, senin, foarte uscat, vânt moderat	iulie	platou	20,5	65	4,0	10 (63)	6,3
6	Foarte cald, senin, uscat, fără vânt	iulie	versant S - 20°	20,5	65	1,5	10 (63)	5,3
7	Foarte cald, senin, uscat, fără vânt	iulie	versant N - 20°	20,5	65	1,5	10 (63)	4,1
8	Cald, senin, uscat, fără vânt	sept.	platou	16,6	60	1,5	8 (64)	3,0
9	Cald, senin, uscat, fără vânt	sept.	versant S - 20°	16,6	60	1,5	8 (64)	4,0
10	Cald, senin, uscat, fără vânt	sept.	versant N - 20°	16,6	60	1,5	8 (64)	1,8

Fracție de durată $\rightarrow ? =$
 NOTA : Durata de strălucire a soarelui (%) reprezintă durata reală de strălucire a soarelui în procente din durata maxim - posibilă.

Exemplul prezentat în tabelul de mai sus permite aprecierea nivelului evapotranspirației în funcție de variabilitatea unuia din factorii luați în considerare - creșterea cu 2,9°C a temperaturii medii zilnice se traduce printr-o suplimentare cu 0,4 mm a ratei evapotranspirației zilnice. Creșterea duratei de strălucire a soarelui de la 10 la 15 ore oferă energie pentru creșterea cu 0,9 mm a evapotranspirației. Creșterea vitezei medii a vântului cu 3 m . s⁻¹ înseamnă potențarea evapotranspirației cu 1,1 mm. De asemenea condițiile de relief influențează procesele de evapotranspirație.

Noțiunea de bilanț climatic al apei este din ce în ce mai des utilizată pentru caracterizarea anumitor zone (stațiuni). Bilanțul climatic al apei este definit ca diferența dintre cantitatea de precipitații și evapotranspirația potențială. Dacă acest bilanț este pozitiv înseamnă că precipitațiile depășesc evapotranspirația existând un exces hidric. Bilanțul negativ semnifică existența unui deficit hidric. În figura 99 se prezintă bilanțul climatic al apei pentru Europa, în perioada iunie - septembrie. După cum se poate observa, în perioada de vegetație beneficiază de un bilanț climatic pozitiv numai regiunile din vestul Scandinaviei și insulelor britanice precum și zonele nordului alpin și ale Carpaților de nord. Harta bilanțului climatic contribuie la înțelegerea zonalității vegetației pe continentul european.

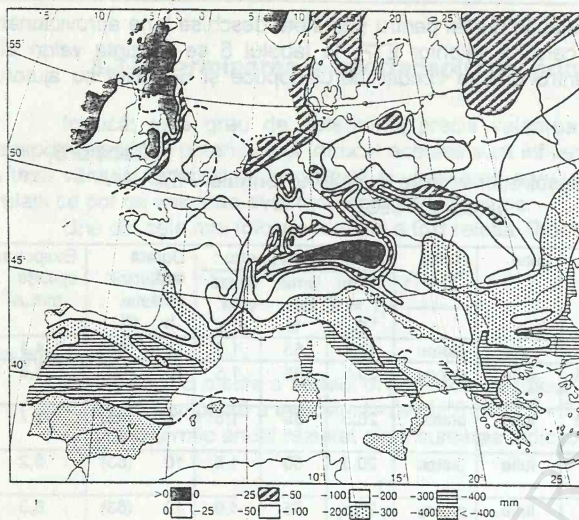


Fig. 99 Bilanțul climatic al apei pe continentul european (iunie - septembrie)

9. DETERMINAREA ELEMENTELOR BILANTULUI HIDROLOGIC ÎN PADURE

Regimul precipitațiilor în suprafețele împădurite este modificat în mare măsură datorita influenței vegetației forestiere prin procedeele de interceptie. Interceptia este definită ca fenomenul de transformare a precipitațiilor la nivelul vegetației forestiere și al solului. Interceptia nu numai în reținerea, filtrarea și aglomerarea particulelor de apă ci și procesele de evaporare condensare și sublimare în interiorul arborelor.

Componentele bilanțului sunt importante, pentru cunoașterea rolului hidrologic al pădurii pe de-o parte și a proceselor fiziologice, de cealaltă parte. Determinarea cantității de precipitații din arboret :

$$P_A = P + I_A - I_P - R_S \quad (1)$$

în care :

P_A - precipitații în arboret;

P - precipitații în teren liber;

I_A - interceptie cu procese de sublimare și condensare (interceptie cu aport);

I_P - interceptie cu procese de evaporare și pulberare (interceptie cu pierderi);

R_S - precipitații reținute în spațiul coronamentului (retenție).

Cu ajutorul pluviometrelor (pluviografelor) pot fi determinate numai precipitațiile din interiorul arboretului (P_A) și precipitațiile din teren liber (P). I_A , I_P și P_S fiind determinați global ca diferențe.

Dacă se fac măsurătorile într-un moment când din spațiul coroanelor nu mai cad precipitații ($R_S = 0$) atunci avem :

$$P - P_A = I_P - I_A \quad (2)$$

În general interceptia cu aport este redusă $I_A \approx 0$ și dacă notăm $I_P = I$ (interceptia) avem relația :

$$P - P_A = I \quad (3)$$

în care parametrul I este definit drept cantitatea de precipitații evaporată ca urmare a proceselor de interceptie.

Precipitațiile în arboret (P_A) sunt formate din trei componente :

P_d - precipitații directe, care trec prin coronament;

P_P - precipitații sub formă de picături mari, rezultatele din concentrări la nivelul coroanelor și frunzelor;

P_T - precipitații din scurgeri pe trunchi

$$P_A = P_d + P_P \approx P - I$$

(4)

La nivelul litierii avem

$$N = P_A - E_A$$

(5)

în care:

N - precipitații nete - cantitatea de apă infiltrată prin litieră și ajunsă la solul mineral;

E_A - evaporația la nivelul litierii.

Într-un arboret, *evaporarea* - definită din punct de vedere fizic reprezintă trecerea sub formă de vapori, a apei din solul mineral.

Transpirația - reprezintă trecerea sub formă de vapori a apei aflate în organele supraterrane ale plantelor. Acesta este un proces fiziologic.

Din punct de vedere pur economic, se definește :

- *evapotranspirația productivă* - transpirația arborilor în procesul producției de lemn;

- *evapotranspirația neproductivă* - procesele de evapotranspirație dintr-un ecosistem forestier ce nu sunt folosite în procesul creșterii și producției de materie primă.

$$E_N \approx I + E_A \approx P - N$$

(6)

E_N - evapotranspirația neproductivă.

Pentru determinarea fiecărei componente descrise mai sus, se folosesc dispozitive adecvate, sau relații matematice :

- precipitațiile în teren - P - se determină cu ajutorul pluviometrelor și pluviografelor instalate în afara influențelor arboretelor;

- precipitațiile scurse pe trunchiuri - P_T - se determină cu ajutorul unor manșete din plastic, așezate în spirală pe trunchiurile arborilor, apa fiind condusă în recipiente de plastic;

- precipitațiile directe și sub formă de picături mari rezultate în urma concentrărilor pe frunze și ramuri, se determină prin recipiente amplasați sub formă de rețea raster în interiorul arboretului. Recipientii au formă cilindrică cu suprafața secțiunii de 100 cm². Pentru împiedicarea evaporării apei se pune în fiecare cilindru o cantitate cunoscută de ulei (se ridică la suprafață)

- cantitățile de apă infiltrată în sol P_{AF} - se măsoară cu ajutorul microlizimetrele (figura 100) așezate într-o rețea regulată.

Microlizimetru este utilizat cu succes în cuantificarea cantității de apă infiltrată prin litieră, pe solurile forestiere cu vegetație ierboasă fără subarboret.

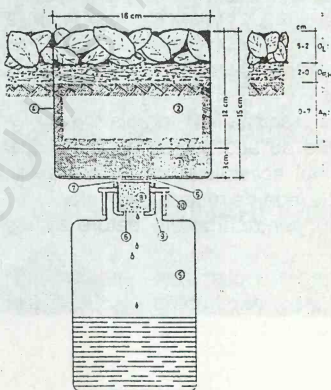


Fig. 100 Construcția unui microlizimetru (1-litieră și orizonturile de humus; 2-monolit de sol; 3-placă filtrantă; 4-recipient cilindric din material sintetic; 5-vasul colector; 6-plasă din PVC; 7-filtru din porțelan; 8-vată filtrantă; 9-piulița de fixare; 10-capac cu filet)

Studiu de caz

Pentru cercetări cantitative ale elementelor bilanțului precipitațiilor în pădure, modul de amplasare al aparaturii în cadrul unui experiment efectuat în diferite condiții de arboret din zona Rin- Main (Germania) se prezintă în figura 101

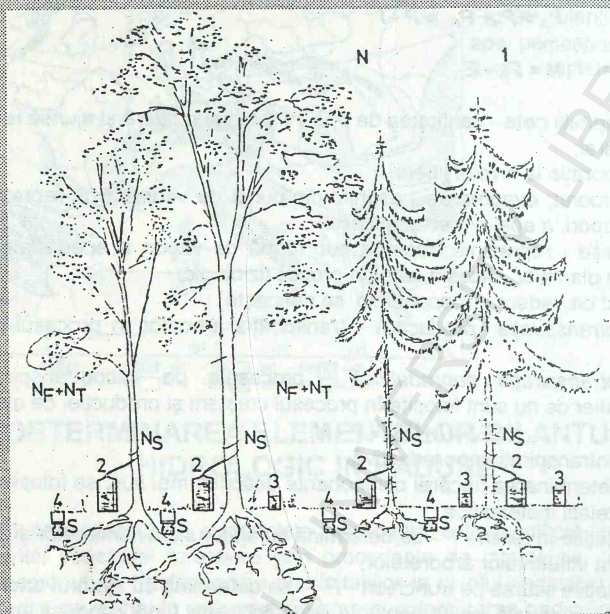


Fig. 101 Dispozitiv experimental pentru determinarea elementelor bilanțului precipitațiilor în arbori

(N -precipitații în teren liber, 1-pluviometru; N_S -precipitații scurse pe trunchiuri, 2-manșete din PVC; N_F -precipitații directe, N_T -precipitații sub formă de picături mari, 3-doze totalizatoare; S-apă infiltrată în sol, 4-microlizimetre)

În urma experimentărilor din teren pe o durată de 4 ani (1967-1971) s-au întocmit tabele de bilanț hidrologic pentru 6 specii (stejar, fag, pin, larice, molid, stejar roșu) și trei grupe de vârstă (arbori tineri - sub 30 de ani; arbori maturi - 30-80 de ani și arbori bătrâni - peste 80 ani). Aceste tabele permit cuantificarea funcțiilor hidrologice și antierozionale ale diferitelor tipuri de structură.

Variabila de intrare în tabel este suma precipitațiilor înregistrate în teren liber. În funcție de aceste valori se determină cantitățile de apă scurse pe trunchiuri, pătrunse prin coronamentul arboretului și intercepta la nivelul acestuia. În cazul foioaselor, valorile se referă atât la perioada de vegetație cât și la perioada de repaos vegetativ.

Ca exemplu se prezintă tabelele de bilanț pentru arbori maturi de fag.

Tabelul 6

Precipitațiile în arboret, interceptația și evapotranspirația la nivelul coronamentului pentru
arborete de fag vârsta 30-80 de ani (Brechtel, H.M., Pavlov, M.B. 1977)

Pre cipi tații	Sezon de vegetație								Extra sezon de vegetație							
	Scurgeri pe trunchi		Precipitații directe		Precipitații în arboret		Intercepții		Scurgeri pe trunchi		Precipitații directe		Precipitații în arboret		Intercepții	
l/m ²	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%
5	-	-	1	13	1	13	4	87	-	-	1	15	1	18	4	82
10	-	-	4	40	4	40	6	60	1	7	4	43	5	50	5	50
15	1	5	8	51	9	56	6	44	1	8	8	52	9	60	6	40
20	1	7	11	56	12	63	8	37	2	9	11	56	13	65	7	35
25	2	9	15	59	17	68	8	32	2	9	15	60	17	69	8	31
30	3	9	18	61	21	70	9	30	3	10	19	62	22	72	8	28
35	3	9	22	62	25	71	10	29	3	10	22	63	25	73	10	27
40	4	10	25	63	29	73	11	27	4	10	26	64	30	74	10	26
45	5	10	29	64	34	74	11	26	5	10	29	65	34	75	11	25
50	5	10	32	65	37	75	13	25	5	10	33	65	38	75	12	25
60	6	11	39	66	45	77	15	23	6	10	40	66	46	76	14	24
70	8	11	46	66	54	77	16	23	7	10	47	67	54	77	16	23
80	9	11	54	67	63	78	17	22	8	11	54	67	62	78	18	22
90	10	12	61	67	71	79	19	21	10	11	61	68	71	79	19	21
100	12	12	68	68	80	80	20	20	11	11	68	68	79	79	21	21

Pentru același arboret se prezintă valorile absolute și procentuale ale infiltrației la 10 cm în sol și ale evaporării la nivelul solului și literei

Tabelul 7

Scurgerile pe trunchi, infiltrațiile, precipitațiile nete și evaporarea la nivelul solului în raport cu precipitațiile în teren liber pentru arborete de fag 30-80 ani (Brechtel, H.M., Pavlov, M.B. 1977)

Pre cipi tații	Sezon de vegetație								Extra sezon de vegetație							
	Scurgeri pe trunchi		Infiltrații		Precipitații nete		Evaporare la sol		Scurgeri pe trunchi		Infiltrații		Precipitații nete		Evaporare la sol	
l/m ²	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%	l/m ²	%
5	-	-	-	-	-	-	1	13	-	-	-	-	-	-	1	18
10	-	-	-	-	-	-	4	40	1	7	1	10	3	32	2	18
15	1	5	2	11	4	24	5	32	1	8	4	25	7	44	2	16
20	1	7	4	22	7	34	5	29	2	9	7	33	10	51	3	14
25	2	9	7	28	10	40	7	28	2	9	9	37	14	55	3	14
30	3	9	10	32	13	44	8	26	3	10	12	40	17	58	5	14
40	4	10	15	38	20	49	9	24	4	10	18	44	24	60	6	14
50	5	10	21	41	26	52	11	23	5	10	23	46	31	62	7	13
60	6	11	26	43	32	54	13	23	6	10	29	48	38	63	8	13
70	8	11	31	44	39	55	15	22	7	10	34	49	45	64	9	13
80	9	11	34	46	45	56	18	22	8	11	40	50	52	65	10	13
90	10	12	42	46	52	57	19	22	10	11	45	51	59	66	12	13
100	12	12	48	48	58	58	22	22	11	11	51	51	66	66	13	13

10. DETERMINARI ASUPRA REGIMULUI EOLIAN

Vântul este unul din cele mai variabile elemente meteorologice și de aceea, instrumentele destinate determinării caracteristicilor lui nu pot reda chiar exact situația

reală. Aceasta se datorește fluctuațiilor momentane ale vântului, atât ca direcție, cât și ca viteză, precum și inerției instrumentelor de măsurarea vântului.

În meteorologie, vântul este caracterizat prin direcție, tărie sau intensitate și viteză. Direcția și tăria se determină cu ajutorul giruetei, iar viteza vântului cu anemometrele. Viteza vântului este spațiul pe care-l parcurge aerul în deplasarea sa orizontală în unitatea de timp. Aceasta se exprimă în m.s^{-1} sau km.h^{-1} ($1 \text{ m.s}^{-1} = 3,6 \text{ km.h}^{-1}$ și $1 \text{ km.h}^{-1} = 0,278 \text{ m.s}^{-1}$).

Intensitatea vântului se apreciază după efectele pe care acesta le produce și se exprimă în grade de tărie din scara Beaufort, cărora le corespunde o anumită viteză a vântului în m/s și km/h , după cum urmează (tabelul 6).

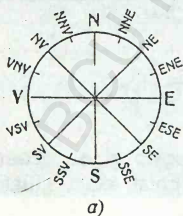
Scara Beaufort pentru aprecierea vitezei vântului

Tabelul 8

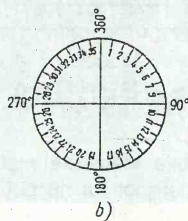
Grade Beaufort	Viteza vântului (km/h)	Denumire	Fenomene de recunoaștere
0	0	Calm	Frunzele arborilor nemișcate. Fumul se ridică vertical
1	3	Mișcare slabă a aerului	Frunzele se mișcă slab. Fumul se ridică aproape vertical
2	9	Adiere	Mișcă un steguleț. Mișcă frunzele din când în când. Se simte la față.
3	16	Vânt slab	Întreține mișcarea continuă a frunzelor. Încrețește suprafața apelor stătătoare
4	24	Vânt potrivit	Mișcă ramurile mici ale arborilor. Menține întins un steguleț
5	34	Vânt destul de tare	Mișcă ramurile mai mari ale arborilor. Devine supărător la față. Determină valuri
6	44	Vânt tare	Mișcă ramuri groase și arbori mici. Determină valuri cu spumă pe creste. Se aude din casă.
7	55	Vânt foarte tare	Mișcă arbori de dimensiuni potrivite. Valuri cu creste spumegânde
8	68	Furtună	Mișcă arbori mari și rupe ramuri de dimensiuni normale. Opune rezistență la mersul pe jos
9	82	Furtună puternică	Rupe arbori de dimensiuni mari. Aruncă țigle, olane de pe acoperișuri
10	96	Furtună violentă	Desrădăcinează arbori, descoperă case, dărâmă coșuri
11	110	Furtună foarte violentă	Deteriorează construcții în ansamblul lor
12	125	Uragan	Provoacă daune de proporții catastrofale. Nimic nu-i rezistă

Direcția vântului se determină prin indicarea direcției de unde suflă, și nu a direcției către care bate vântul. Se consideră ca direcție a vântului la sol, direcția, pe care o au curenții de aer, în stratul de aer din apropierea solului.

Pentru stabilirea direcției vântului, este necesară orientarea față de punctele cardinale utilizându-se roza vânturilor, care se exprimă prin 16 sectoare, indicate de punctele cardinale principale și secundare (figura 102).



a)



b)

Fig. 102 Roza vânturilor
(a-roza vânturilor; b-roza vânturilor în decagrade)

Deoarece, notația prin puncte cardinale este greoaie, și ar putea da loc la confuzii, direcția vântului se exprimă în grade sau decagrade (ceea ce este mai simplu). Valoarea unghiurilor se măsoară în sensul mișcării acelor unui ceasornic, de la 0 la 360°.

10.1 Giruete

Girueta Wild - este un dispozitiv simplu pentru determinarea direcției și tăriei vântului. Ea se prezintă în diverse variante constructive. Astfel, în figura 103 sunt schițate două modele ale giruetei Wild, care poate avea placa ușoară sau grea.

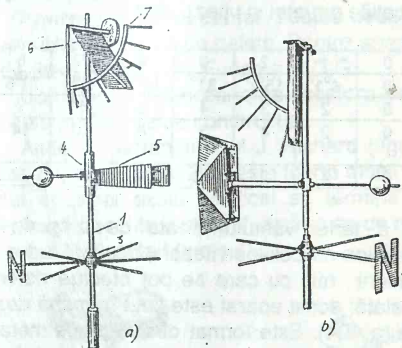


Fig. 103 Girueta Wild

Girueta este formată dintr-un ax vertical 1, care are la partea inferioară dispozitivul de fixare pe stâlpul metalic. Peste acesta se află bușca 3, pe care sunt fixate prin înșurubare vergelele metalice pentru indicarea punctelor cardinale; vergeaua orientată către nord poartă litera N. Partea superioară a acestui ax se termină cu o vergea de oțel special, care are la capăt un rulment. Pe acesta se sprijină partea mobilă a giruetei, numită ampenaj și care este formată din dispozitivul de direcție și cel de tărie (viteză) a vântului.

Dispozitivul de direcție 4 este format dintr-o vergea metalică orizontală care, la unul din capete se termină cu o sferă metalică (de plumb sau de fontă), iar la capătul opus cu un sistem de două plăci metalice 5 ce se depărtează treptat în formă de coadă de rândunică (figura 103 a).

Dispozitivul de direcție se mai numește și pană de vânt, deoarece, sub influența liniilor de forță ale aerului în mișcare, se orientează cu greutatea în direcția de unde bate vântul.

Dispozitivul indicator al tăriei sau intensității vântului este format dintr-o placă metalică 6, cu dimensiunile de 150 x 300 mm și cu greutatea de 200 g (sau 800 g la girueta cu placă grea). Această placă este suspendată la partea superioară, iar sub acțiunea penei de vânt ea se orientează totdeauna perpendicular pe liniile de forță ale vântului. Sub acțiunea acestora, placa oscilează în fața unui arc de cerc 7, pe care se află opt vergele mici (diniți), indicatoare ale tăriei vântului în scara Beaufort. Aceste vergele corespund unghiurilor cu care oscilează placa sub acțiunea diferitelor intensități și deci viteze ale vântului.

Vântul exercită asupra plăcii giruetei o presiune, care este proporțională cu pătratul vitezei vântului, cu mărimea suprafeții plăcii și cu densitatea aerului atmosferic.

Această presiune P , pe care vântul o exercită asupra plăcii giruetei se exprimă prin relația :

$$P = C \cdot V^2 \cdot S \cdot \rho \quad (I)$$

în care :

C - este un coeficient de proporționalitate;

V - viteza vântului;

S - mărimea suprafeții plăcii giruetei;

ρ - densitatea aerului atmosferic.

Astfel că viteza vântului este dată de mărimea unghiului de oscilație al plăcii. Valorile unghiurilor de oscilație ale plăcii sunt indicate de numărul de ordine al dintelui, în fața căruia oscilează placa sub acțiunea vântului.

Astfel, fiecărui dinte indicator al tăriei vântului îi corespunde un anumit unghi de deviere al plăcii și o anumită viteză a vântului, conform tabelului 9.

Tabelul 9

Correspondența dintre indicațiile giruetei și viteza vântului

Nr.de ordine al dintelui	0	1	2	3	4	5	6	7
Unghiul	0	4°1'	15°7'	31°	45°7'	58°	72°6'	80°5'
Grade Beaufort	0	2	3	4	5	6	7	9
Viteza vântului în m/s la girueta cu placă ușoară	0	2	4	6	8	10	14	20
Viteza vântului în m/s la girueta cu placă grea	0	4	8	12	16	20	28	40

Menționăm, că placa indicatoare a tăriei vântului poate devia și în poziții intermediare, adică între doi dinți, indicând valori mijlocii ale vitezei vântului.

Girueta de mână - este un instrument mic cu care se pot efectua determinări rapide, deoarece nu mai trebuie să fie instalată; acest aparat este ținut în mână deasupra capului, într-o poziție perfect verticală (figura 104). Este format dintr-o placă metalică 1, suspendată la partea superioară prin intermediul tijei 2, care este de fapt și axul de rotație al ampenajului giruetei.

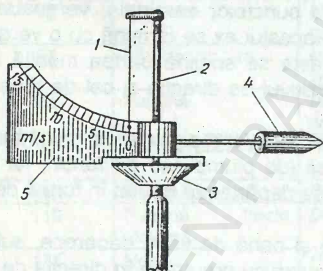


Fig. 104 Girueta de mână

Sub acțiunea vântului, ampenajul se orientează cu greutatea 4 în direcția de unde bate vântul; pe pana de vânt 5, în fața căreia oscilează placa 1, gradațiile între 0 și 15 m/s indică viteza vântului. Pe garnitura tronconică 3, care se orientează cu litera N în direcția punctului cardinal nord, se poate aprecia, cu multă precizie, direcția vântului. Mănerul și tija cu greutate a giruetei de mână sunt pliante și astfel ea se introduce, pentru păstrare, în cutia ei.

Girueta de mână se utilizează numai în cazul defectării giruetei Wild și în cadrul cercetărilor expediționare. Înaintea oricărei determinări, ea trebuie controlată, dacă, placa indicatoare a vitezei vântului oscilează liber în punctele de suspensie. De asemenea, ampenajul trebuie să se miște liber în jurul axului vertical, fără a avea frecare.

10.2 Anemometre

Anemometrele sunt instrumente cu ajutorul cărora se determina, cu precizie mai mare viteza vântului.

Piesa receptoare, care se rotește sub acțiunea vântului este la unele anemometre un sistem de cupe, iar la altele o morișcă cu palete.

Sistemul de cupe anemometrice poate fi format din trei cupe așezate perpendicular pe un ax vertical, dispuse astfel, încât tijele de susținere să formeze între ele unghiuri de 120° (sistemul de cupe Patterson); la sistemul cu patru cupe, tijele de susținere formează între ele unghiuri de 90° (sistemul de cupe Robinson).

Cupele anemometrice sunt orientate cu fețele convexe în aceeași direcție. Sub acțiunea vântului, cupele se rotesc, indiferent de direcția din care suflă vântul, deoarece presiunea acestuia este mai mare pe partea concavă a cupelor, decât pe cea convexă.

Anemometrul mecanic - poate avea, ca piesă receptoare pentru vânt, un sistem de cupe sau o morișcă cu palete. Printre anemometrele cu sistem de cupe, vom aminti pe cele de tip J. Richard, R. Fuess și R.D.G.

Construcția și funcționarea acestora este asemănătoare, ele deosebindu-se numai prin unele amănunte de construcție.

Astfel, la anemometrul J. Richard (figura 105 a) sistemul de cupe 1 este fixat la capătul unui ax vertical 2; el este foarte mobil în jurul axului, datorită lagărelor pe rulmenți, capătul opus al axului vertical se termină cu un mic cilindru dințat 3. Acesta se angrenează cu roțița dințată 4, a cărei ax de rotație este solidar cu axul 5, care se termină cu șurubul fără sfârșit (melcul) 6.

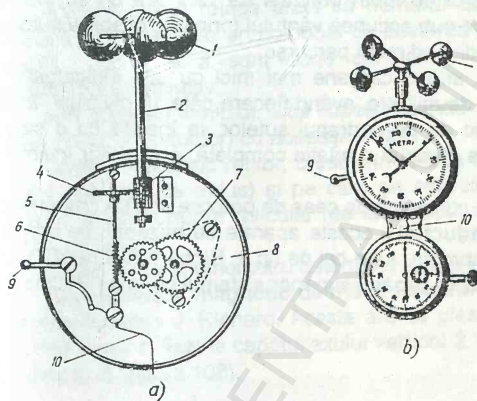


Fig. 105 Anemometrul J. Richard
(a-schima anemometrului J. Richard; b-anemometrul J. Richard cu cupe și cronometru)

Acesta angrenează un sistem de roțițe dințate 7, fixate de placa metalică 8. Acest sistem de roțițe este în legătură cu axul, pe care se află acul indicator al anemometrului. Cu ajutorul butonului 9, se poate apropia axul cu melc, de sistemul roțițelor dințate. În cazul când dorim ca anemometrul să intre în funcțiune, în același timp, prin intermediul sârmei de oțel 10, se declanșează și cronometrul, care determină timpul de funcționare al anemometrului.

Anemometrul funcționează în felul următor : sub influența vântului, sistemul de cupe se rotește și prin cilindrul dințat 3 de la partea inferioară angrenează sistemul de roțițe dințate, transmitând mișcarea asupra acului indicator care va determina numărul de metri parcurși de vânt ce corespund numărului de rotații a sistemului de cupe. Un astfel de anemometru are deci ca parte principală un contor de turații, care, pe cadranul anemometrului indică numărul de metri parcurși de vânt.

Pentru determinarea vitezei vântului se citește pe cadranul contorului de metri, numărul de metri parcurși de vânt (cifra în dreptul căreia s-a oprit acul indicator) și acest număr se împarte la timpul în secunde, cât a funcționat anemometrul (care se citește la cronometrul de la partea inferioară a instrumentului (figura 105 b).

Anemometrul mecanic determină deci viteza medie a vântului. După utilizare, anemometrul se introduce în cutia lui spre a fi ferit de deteriorare.

Anemometrul de mână cu cupe și contor de tip R. Fuess (URSS) se utilizează pentru determinări în timpul expedițiilor. Piesa receptoare pentru vânt este un sistem de cupe Robinson (figura 106) fixat la capătul unui ax vertical protejat de un dispozitiv de vergele curbate împotriva eventualelor lovituri.

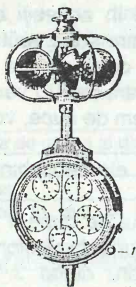


Fig. 106 Anemometrul de mână cu cupe și contor

Funcționarea și schema construcției acestui anemometru este identică cu a instrumentului descris mai sus. Contorul de metri parcurși de vânt are un ac indicator mare, care, la rotirea sistemului de cupe sub acțiunea vântului (prin declanșarea butonului 1), se rotește pe cadranul contorului indicând metri parcurși.

Pe cadranul contorului se mai află 6 cadrane mai mici cu ace indicatoare, cu inscripția "sute metri", "mii metri", "zeci de mii" etc. având fiecare câte 10 diviziuni. În timp ce acul mare face o rotație, acul mic de pe cadranul sutelor va înainta cu o singură diviziune; tot astfel, când acul sutelor a efectuat o rotație completă, acul miilor înaintează cu o diviziune și așa mai departe.

Pentru determinarea timpului se utilizează un ceas de precizie sau un cronometru.

Anemometre magnetice (de inducție) - aceste aparate se bazează pe principiul inducției magnetice. Un astfel de anemometru este cel de tip J. Richard (figura 107), care este format dintr-un ax vertical 1, având la capătul superior sistemul de cupe Patterson 2, iar la cel inferior, o bară magnetică 3.

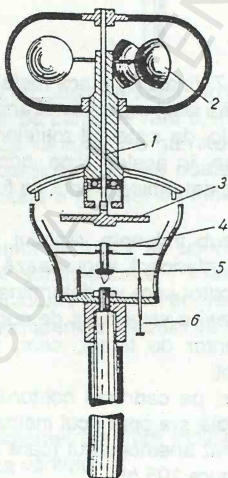


Fig. 107 Anemometrul magnetic J. Richard

Prin rotirea sistemului de cupe, sub acțiunea vântului, se va roti și axul vertical, foarte mobil, prin intermediul unui sistem de rulmenți, precum și bara magnetică, care creiază în jurul ei un câmp magnetic rotitor. Acest câmp acționează asupra unei piese ușoare, de formă tronconică 4, imprimându-i un moment de rotație Na , a - fiind un coeficient și N , numărul de rotații pe secundă al polilor magnetici și deci al sistemului de cupe sub acțiunea vântului. Piesa metalică 4, în rotirea ei, acționează asupra unei spirale metalice 5, care se opune rotirii, prin momentul :

$$m = k \varepsilon \quad (2)$$

în care :

k - constantă

ε - unghiul de rotire al piesei metalice.

Când cele două momente vor fi egale, piesa metalică 4, rămâne în echilibru și deci și scara gradată a anemometrului, care este imprimată pe acesta.

Din egalitatea celor două momente :

$$Na = k \varepsilon \quad (3)$$

rezultă :

$$N = \frac{k}{a} \varepsilon \quad (4)$$

Această ultimă relație arată că numărul de rotații N ale magnetului și deci ale sistemului de cupe, este proporțional cu devierea piesei metalice (pe care se află scara gradată), iar k și a sunt două constante, ce depind de construcția pieselor anemometrului respectiv.

Sub acțiunea vântului, axul cupelor rotindu-se, face să se învârtască și magnetul 3 (având rolul de inductor) cu aceeași viteză.

Câmpul magnetic rotitor, creat prin rotirea magnetului, antrenează piesa metalică 4, (care are rolul de indus) și pe care se află scara anemometrică. Viteza vântului se citește în dreptul unui fir reticular (de la mijlocul unei mici ferestruici de plexiglas), care are rolul de reper.

Un astfel de anemometru determină viteza instantanee a vântului.

Anemometrul magnetic de mână Rosenmuller - se bazează pe același principiu ca și anemometrul J. Richard. Acesta are ca piesă receptoare pentru vânt un sistem de cupe Robinson 1, fixat la capătul axului vertical 2, foarte mobil, prin intermediul sistemului de rulmenți 3, (figura 108).

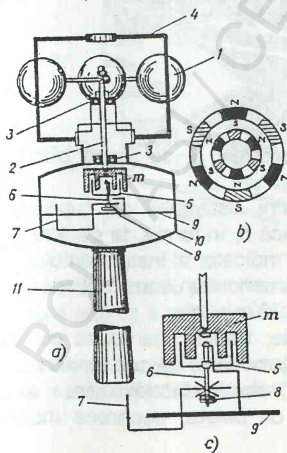


Fig. 108 Anemometrul magnetic Rosenmuller
(a-anemometrul magnetic Rosenmuller; b-secțiune prin sistemul de magneți; c-secțiune prin anemometru)

Sistemul de cupe este protejat de două cadre metalice (4), așezate perpendicular, unul pe altul.

Capătul inferior al axului vertical se termină cu un magnet *m*, confecționat din oțel special cu cobalt de formă circulară. Acest magnet este reprezentat secționat în *b*, fiind alcătuit din două zone circulare, formate din câte șase poli magnetici, 3 *N* și 3 *S*, dispuși alternativ și despărțiți între ei prin sectoare de metal nemagnetizabil. Polii magnetici de pe cele două zone, de semn contrar sunt așezați față în față. Acest dispozitiv magnetic constituie inductorul anemometrului, iar în spațiul dintre cele două zone magnetice se află piesa metalică cilindrică și ușoară 5, asupra căreia acționează magnetii inductorului; această piesă este indusul anemometrului.

De indusul, susținut de axul 6 este fixat și acul indicator al vitezei vântului 7.

Axul 6 al indusului este susținut de două lagăre, sus și jos, cu o frecare neglijabilă, fiind solicitat de un resort în spirală 8, în poziția zero. Toate aceste piese sunt fixate pe placa metalică 9, iar carcasa de aluminiu 10 le închide ermetic.

Pe peretele lateral al carcasei, pe aproape jumătate din lungimea sa, există o deschidere acoperită cu celuloză, în care se vede scara aparatului, gradată în m/s (0-30) și în km/h (0-110); în fața scării se vede și capătul acului indicator.

Aparatul mai este prevăzut și cu mânerul 11, care se poate deșuruba.

Funcționarea acestui anemometru este aceeași ca la cel de tip J. Richard, determinând tot viteză instantanee a vântului.

Anemometrul magnetic de mână ARI -acest aparat este de o construcție mai perfecționată și bazat pe principiul celorlalte anemometre magnetice, descrise mai sus. Este format dintr-un sistem de cupe Patterson, fixate la capătul axului vertical 2; foarte mobil, datorită unui sistem de rulmenți (figura 109).

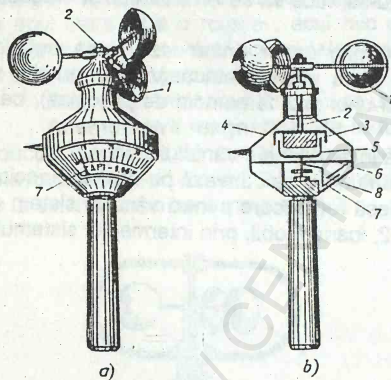


Fig. 109 Anemometrul magnetic ARI
(a-anemometrul magnetic ARI; b-anemometrul magnetic ARI schematic)

La capătul inferior al axului se află magnetul permanent 3, de formă cilindrică, prevăzut cu lama bimetalică 4, pentru compensarea temperaturii.

Câmpul magnetic rotitor, format sub acțiunea rotirii sistemului de cupe, când anemometrul este expus vântului, antrenează piesa metalică 5, în formă de cilindru pe a cărui ax este fixat acul indicator 7, de formă specială. Acul indicator al instrumentului este menținut în poziția 0, de resortul în spirală 8, atunci când anemometrul nu funcționează.

Scara acestui anemometru este gradată de la 0,2 la 30 m/s.

Orice anemometru, fiind un instrument de precizie, trebuie manipulat cu grijă. Astfel, după orice determinare el se șterge de praf sau de produsele de condensare și se introduce în cutia, în care se păstrează permanent. Trebuie evitată lovirea axului anemometrului și a sistemului de cupe sau a moriștii cu palete, deoarece îndoirea

acestora afectează determinările. La anemometrele magnetice poate surveni următoarea defecțiune : acul indicator al instrumentului se blochează, deoarece prezintă frecare de geamul scării. În acest caz, nu este recomandabil să se desfacă instrumentul. Această operație va fi efectuată numai cu ocazia reparării și verificării anemometrului. Pentru buna funcționare a anemometrelor magnetice, se recomandă să se facă ungerea axului vertical al cupelor numai cu o singură picătură de ulei fin, la interval de 3-4 luni.

Un tip deosebit de anemometru, pentru determinări în spații relativ restrânse, este anemometru cu încălzire. Acesta are o construcție extrem de simplă (figura 110)

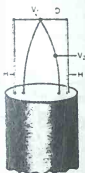


Fig. 110 Anemometru cu încălzire
(D-fir din metal inoxidabil încălzit;
V₁-V₂-termosudurile termometrului;
H-suport pentru fir)

Diferența de temperatură va fi cu atât mai mare cu cât curentul de aer va circula mai rapid. Această diferență se transformă în diferență de tensiune prin intermediul termoelementelor.

O generație nouă de aparate pentru determinarea vitezei vântului o constituie anemometrele digitale (figura 111).



Fig. 111 Anemometru digital

Acest aparat măsoară viteze ale aerului din gama $0,4-30,0 \text{ m.s}^{-1}$ ($1,4-108,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) cu o precizie de 2%.

Pentru măsurarea presiunii statice a aerului se utilizează anemometrele echipate cu sonde (tuburi) Pitot (figura 112).



Fig. 112 Anemometru - Pitot

Acest aparat permite măsurarea vitezei cuprinse între $0 - 50 \text{ m.s}^{-1}$ precum și a presiunii statice a aerului. Se pretează la măsurători în aer încărcat cu poluanți (praf, fum etc.)

Anemometru - debitmetru - face concomitent cu determinarea vitezei curentului de aer și măsurarea debitului de gaz (figura 113).

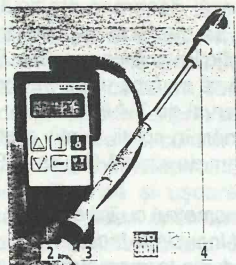


Fig. 113 Anemometrul - debitmetru

Gama de lucru este cuprinsă între $0,0 - 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pentru viteze ale aerului și $500.000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pentru debite de gaze. Precizia este de 2,5%.

10.3 Anemografe

Pentru înregistrarea vitezei vântului se folosesc aparate numite anemografe. Acestea sunt bazate pe principii de funcționare diferite și în unele cazuri înregistrează pe lângă viteza vântului și direcția lui. Anemografele, după modul de funcționare pot fi mecanice, electrice, electromagnetice sau o combinație a acestora.

Indiferent de tipul anemografului, acestea sunt formate din următoarele părți :

- partea receptoare pentru vânt sau transmitătorul;
- partea înregistratoare (iar în cazul când aparatul are funcționare electrică posedă și o sursă de curent).

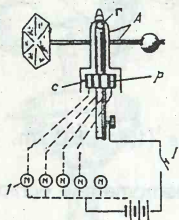


Fig. 114 Girueta optică (schematic)

Giruetă înregistratoare și speciale - se utilizează în unele cazuri girueta optică (figura 114) care este formată dintr-un ampenaj de giruetă A, foarte mobil, sub acțiunea vântului, datorită suspensiunii pe o bilă rulment r. Solidar cu pana de vânt se află și cursorul C, care prin intermediul unor plăci metalice t (în număr de 16 și care coincid cu direcțiile rozei vântului), închide circuitul electric și aprinde 1,2 etc. becuri de pe cadranul (1) unde sunt înscrise direcțiile vântului.

În momentul în care se determină direcția vântului, se închide circuitul prin întrerupătorul I și se apreciază timp de 1 minut, pe cadranul luminos, direcția în jurul căreia, vântul oscilează mai mult.

Giruetă înregistratoare cu rezistențe electrice - este un aparat care transmite electric deplasările unui ampenaj mobil, prin doua fire de linie și permite înregistrarea la distanță a direcției vântului din 16 azimuturi.

Principiul de funcționare se bazează pe deplasarea ampenajului giruetei, care se orientează pe direcția vântului și face ca rezistența electrică a circuitului să devină variabilă.

Transmițătorul este format dintr-un ampenaj de giruetă A, prevăzut cu un cursor solidar cu acesta și care în orice moment este în contact cu una din lamele unui colector circular c, solidar cu axul (figura 115).

Acest colector este format din 16 lame de metal inoxidabil, izolate între ele, corespunzând fiecare la 1/16 din roza vânturilor. Sub acest colector se află un cilindru de ebonit *E* fixat de asemenea pe ax. În acest cilindru se află 16 rezistențe de constantan, care sunt legate în serie, intercalate între primul și al șaisprezecelea sector metallic, în așa fel ca fiecare să corespundă la una din cele 16 lame ale colectorului de direcție.

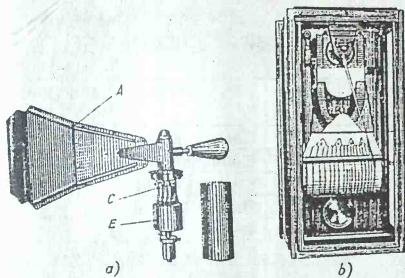


Fig. 115 Girueta înregistratoare Papillon
(a-transmițătorul; b-înregistratorul)

Un conductor leagă polul pozitiv al unei baterii de elemente (cu tensiunea constantă de 9 V) cu unul din capetele rezistențelor transmițătorului. Un alt conductor leagă polul negativ al bateriei cu masa aparatului, care prin intermediul unui cursor asigură închiderea circuitului. Între polul pozitiv al bateriei și capătul rezistențelor electrice se intercalează în circuit un galvanometru înregistrator cu cadru mobil, care funcționează ca un miliampermetru (asemănător cu al anemografului Papillon).

Aparatul se bazează pe legea lui Ohm, deoarece tensiunea curentului fiind constantă, intensitatea acestuia devine variabilă, în funcție de una din rezistențele introduse în circuit de cursorul solidat cu ampenajul giruetei. Deci, fiecare rezistență introdusă în circuit, modifică intensitatea curentului. Acest curent ajungând în spirele cadrului mobil al galvanometrului va produce o deviere a acestuia cu un unghi oarecare. Pârghia peniței înregistratoare este fixată de axul cadrului mobil și se va deplasa pe diagramă cu același unghi. Deplasarea corespunde uneia din cele 16 direcții din roza vânturilor. Anemografele înregistrează informațiile pe anemograme cu ajutorul cărora se pot face aprecieri asupra structurii vânturilor. În figura 116 se prezintă anemograma caracteristică pentru vânt laminar, vânt turbulent și vânt în rafale.

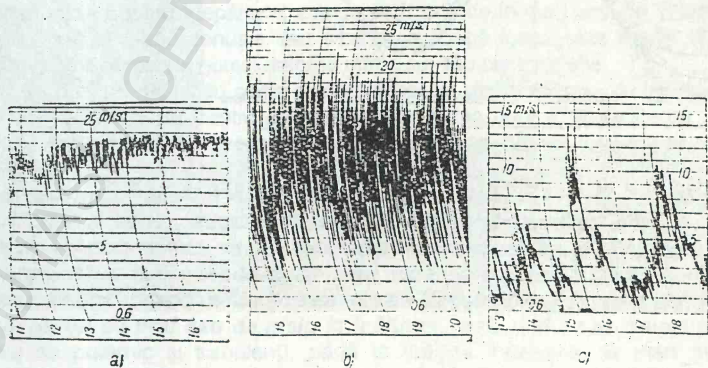


Fig. 116 Structura vântului pusă în evidență cu ajutorul anemogramelor
(a - vânt laminar; b - vânt turbulent c - vânt în rafale)

Studiu de caz

Se știe că pădurile de molid sunt afectate de către vânt prin producerea doborâturilor de vânt. Acestea au loc în configurații aerosinoptice caracteristice. Factorul declanșator îl constituie viteza vântului. În tabelul 10 se prezintă vitezele maxime ale vântului care au determinat doborâturi de mare amploare în condițiile țării noastre.

Tabelul 10

Vitezele maxime ale vântului ca factor declanșator al doborâturilor de vânt

Data producerii furtunilor		Viteza maximă km/oră	Stația meteorologică
Luna	Anul		
Ianuarie	1948	130	Câmpulung Moldovenesc
Decembrie	1957	150	Câmpulung Moldovenesc
Februarie	1958	90	Rarău și Câmpulung Moldovenesc
Februarie	1962	130	Rarău
Septembrie	1964	93	Ceahlău
Iulie	1969	120	Suceava
Noiembrie	1971	144	Ceahlău
Noiembrie	1973	122	Rarău
Octombrie	1974	86	Rarău
Iulie	1978	128	Poiana Stampei
Iulie	1978	144	Ceahlău Toaca
Noiembrie	1981	144	Ceahlău Toaca
Iunie	1982	144	Ceahlău Toaca

Relieful prin formele sale poate potența canalizările curenților de aer mărindu-le viteza și deci forța de lovire. În figura 117 se prezintă relația dintre relieful, curenții de aer și doborâturile de vânt.

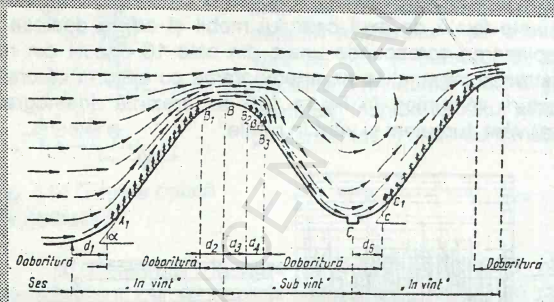


Fig. 117 Fenomenul doborâturilor de vînt în plan vertical

După cum se poate vedea există zone mai expuse, chiar în condițiile aceluiași curent de aer. Cunoașterea acestor fenomene, permite cartarea zonelor vulnerabile la acțiunea vântului, în vederea adoptării unui complex de măsuri silviculturale menite să asigure protecția arboretelor. Această cartare se execută cu ocazia lucrărilor de amenajare.

11. ALTE FENOMENE ATMOSFERICE

În afara hidrometeorilor, în atmosferă mai au loc o serie de fenomene (litometeori, fotometeori, electrometeori) cu diverse origini. Determinarea parametrilor acestora, se face mai ales prin observații vizuale, deci cu un grad ridicat de subiectivitate.

11.1 Litometeori

Un litometeor constă dintr-o aglomerare de particule - în majoritatea lor solide - de proveniență terestră. Acestea se găsesc în suspensie în atmosferă sau sunt ridicate de vânt de pe sol. Litometeoriile cu caracter de suspensie în atmosferă sunt: pâcla, praful sau nisipul în suspensie în aer și fumul. Acești litometeori sunt constituiți din particule foarte mici de praf, de săruri minerale sau din particule care provin din diferite arderi.

Litometeoriile care constau din particule ridicate de vânt de pe sol sunt: transportul de praf sau de nisip, vârtejul de praf sau de nisip, furtuna de praf sau de nisip.

Pâcla - este suspensia în atmosferă a particulelor solide uscate, extrem de mici, invizibile cu ochiul liber, dar suficient de numeroase pentru a da aerului un aspect tulbure opalescent. În cazul pâclei, obiectele luminoase îndepărtate, sursele de lumină, Soarele și Luna la poziții joase, aproape de orizont, capătă o nuanță gălbuie - roșiatică, pe când obiectele de culcare închisă capătă o nuanță albastruie. Aceste efecte se datoresc difuziei luminii de către particulele, care contribuie de asemenea la colorarea peisajului. Pâcla se mai deosebește de aerul cețos și prin umezeala redusă a aerului. Vizibilitatea scade sub 10 km, uneori chiar sub 1 km, în funcție de intensitatea pâclei.

Suspensia de praf sau de nisip - este constituită din praful sau particulele mici de nisip, care au fost ridicate de pe sol înainte de momentul observației. Furtuna de praf sau de nisip poate avea loc fie la stație, fie în apropiere sau în depărtare.

Fumul - este suspensia în atmosferă a particulelor mici provenite din diferite arderi. Acest litometeor se poate localiza în apropierea suprafeței Pământului sau în atmosfera liberă. Din cauza fumului din atmosferă, Soarele - la răsărit și la apus - ia o culoare roșie aprinsă, iar la amiază culoare portocalie.

Fumul, care provine din orașe apropiate, poate fi brun, cenușiu închis sau negru. Dacă focarele de fum sunt îndepărtate, acesta se împrăștie în mod uniform în atmosferă, prezentând o nuanță slabă cenușie sau albastruie. Dacă fumul este foarte abundent, prezența sa poate fi precizată numai datorită mirosului său caracteristic.

Smogul fotochimic - sau ceața oxidantă provine din amestecul dintre poluanți ce stagnează deasupra marilor centre industriale sub forma unui strat de ceață. Este un litometeor de proveniență mai recentă cu acțiuni foarte dăunătoare pentru locuitorii marilor orașe.

Smogul negru - este format dintr-un amestec de fum, praf, gaze picături de ceață ce capătă o culoare cenușie sau chiar intensă ce apare datorită unei intensități mai slabe a razelor solare. Si acesta este un indicator cert al unui nivel intens de poluare.

Transportul de praf sau de nisip la sol - este praful sau nisipul ridicat de vânt până la înălțimea de cel mult 2 m (fără să depășească nivelul ochilor observatorului).

Transportul de praf sau de nisip la înălțime - este praful sau nisipul ridicat de vânt (destul de puternic și turbulent), până la înălțimi îndeajuns de mari (deasupra nivelului ochilor observatorului), vizibilitatea fiind redusă. Uneori, concentrația particulelor de praf sau de nisip poate fi suficientă pentru a voala atmosfera sau chiar Soarele.

Furtuna de praf sau de nisip - este fenomenul în cursul căruia, sub acțiunea vântului intens și turbulent, este ridicată în aer o mare cantitate de praf, nisip, particule de sol uscat, din care cauză opacitatea atmosferei crește și vizibilitatea se micșorează mult.

Perdeaua de praf sau de nisip - Partea anterioară a unei furtuni de praf sau de nisip poate avea aspectul unui perete gigantic care înaintează. Acesta însoțește adesea un nor *Cumulonimbus* pe care uneori îl maschează. De asemenea, acest litometeor poate să apară în absența norilor, de-a lungul marginii anterioare a unei invazii de aer rece.

Vârtejul de praf sau de nisip - este praful sau nisipul ridicat de la sol la înălțimi variabile, sub forma unei coloane turbionare, cu axul aproape vertical și de diametru redus. Această mișcare se produce de obicei când suprafața Pământului este puternic încălzită. Ea nu se extinde la înălțimi mari și se stinge relativ repede. Vârtejul ridică de pe sol nu numai praful sau nisipul, ci și unele obiecte mici.

11.2 Fotometeorii

Sunt fenomene luminoase produse prin reflexia, refracția, difracția sau interferența luminii solare sau a Lunii, la trecerea prin atmosferă, prin nori, prin ceață etc. Aceste fenomene luminoase nu sunt rezultatul descărcărilor sau ale altor fenomene electrice din atmosferă.

Haloul solar și haloul lunar - sunt fenomene optice sub formă de inele, arce, coloane sau pete luminoase, procese de refracție sau reflexie a luminii de către cristalele de gheață ale norilor. Haloul solar poate prezenta unele colorații pe când haloul lunar este întotdeauna alb. Cel mai frecvent halo apare ca un inel luminos alb care înconjoară Soarele sau Luna, având raza de 22° (halo mic). Uneori haloul circular are raza de 46° (halo mare) și este mai puțin luminos decât cel precedent. Marginea interioară a cercului are de obicei culoarea roșietică, iar cea exterioară, culoarea albastruie.

Adesea se vede numai o parte a cercului, alte ori se văd câteva părți ale lui, sub formă de fâșii alburii în ambele părți ale Soarelui. Deseori pe lângă cercul principal mai pot fi observate arce luminoase și cercuri mici, tangente la cercul principal în partea exterioară a acestuia. În punctele de contact ale arcelor laterale cu cercul principal, pe ambele laturi ale Soarelui, formează pete luminoase denumite "sori falși".

Uneori fenomenul de halo are aspectul unor coloane alburii deasupra și dedesubtul Soarelui. Acestea apar când Soarele este la orizont. Fenomenul de halo se produce în norii superiori.

Coroana solară și lunară - este un fenomen meteorologic având forma unor inele mici, slab colorate, în jurul Soarelui sau Lunii. Marginea interioară a coroanei, îndreptată spre Soare sau spre Lună, este colorată în violet sau albastru, iar marginea exterioară are culoarea brună roșiatică. La un asemenea inel, se adaugă uneori și alte inele la fel colorate. Dimensiunile coroanelor sunt diferite. Uneori, inelul roșiatic se contopește aproape cu marginea Soarelui sau Lunii, alături el este depărtat cu circa 5-6°. Coroanele se observă de cele mai multe ori în norii *Altostratus* și *Altoaccumulus translucidus*.

Irizațiile - Se formează prin colorarea norilor subțiri izolați (*Altoaccumulus* și *Cirrocumulus*) de către razele Soarelui sau ale Lunii în culorile curcubeului, cu sclipiri sidefii. Culorile dominante sunt roșu și verde.

Gloria - reprezintă unul sau mai multe inele colorate văzute de observator în jurul umbrei sale proiectate pe un nor, constituit din picături mici de apă sau pe un fond de ceață. Inelele sunt dispuse în același fel ca și coroanele. Ele sunt provocate de difracția luminii.

Curcubeul - apare sub formă de arcuri colorate de la violet la roșu (în culorile spectrului) produse de lumina Soarelui pe o perdea de picături de apă în atmosferă (picături de ploaie, burniță sau ceață). Uneori, deasupra primului curcubeu și concentric

cu acesta, se observă un al doilea arc colorat numit curcubeu secundar. Culoarele sale se succed în ordine inversă față de cele ale curcubeului principal.

Foarte rar se observă curcubeu produse de lumina Lunii. Ele au o intensitate foarte slabă fiind colorate în cenușiu-albicios.

Mirajul - este acel fenomen optic care constă în perceperea obiectelor reale îndepărtate sub forma unor imagini stabile sau pâlpâitoare, simple sau multiple, drepte sau răsturnate, alungite sau turtite în sens vertical, ca efect al reflexiei și refracției razelor de lumină prin straturile de aer cu densități diferite. Imaginea se poate afla deasupra obiectului real (miraj superior), sub acesta (miraj inferior) și relativ mai rar în dreapta sau în stânga lui (miraj lateral).

Mirajul superior se observă în mod frecvent deasupra zăpezii, iar cel inferior deasupra solului, nisipului și asfaltului, încălzite excesiv de Soare.

11.3 Electrometeorii

Sunt manifestări vizibile sau sonore ale electricității atmosferice. Electrometeorii corespund fie unor descărcări discontinue de electricitate (fulgerul, tunetul) sau unor descărcări, mai mult sau mai puțin continue (aurele polare).

Fulgerul - este manifestarea luminoasă care însoțește o descărcare electrică bruscă, produsă în interiorul unui nor, sau între doi nori.

Tunetul - este zgomotul ascuțit sau bubuitul, care însoțește fulgerul.

Orajul la stație - se observă sub forma unor descărcări electrice în atmosferă (fulgere însoțite de tunete).

Orajul în depărtare - se consideră când intervalul de timp dintre fulger și tunetul care-l însoțește depășește 10 secunde.

Aurora polară - Sub numele de aurore polare sau lumini polare, se înțeleg acele fenomene luminoase de natură electrică, ce se produc în straturile înalte ale atmosferei. Limita inferioară a aurorelor este situată la o altitudine mijlocie de 100 km (uneori 60 km), iar cea superioară între 100 și 400 km (putând depăși câteodată 1000 km). De obicei aurorele se observă în regiunile polare și mai rar la latitudinile noastre (în partea nordică a bolții cerești). Aurorele prezintă o mare varietate de forme și culori, care se contopesc sau se transformă unele în altele, astfel că aspectul, strălucirea și colorația se schimbă în permanență. Datorită acestor variații în aspect și strălucire, aurorele polare se deosebesc de celelalte fenomene optice (halo, coroane, iluminarea cerului în timpul nopții, sau de luminile orașelor îndepărtate cu care pot fi confundate. În majoritatea cazurilor aurorele polare sunt colorate în nuanțele alb-gălbui, galben-verzui sau roșu-cenușiu. În cazul aurorelor multicolore, partea superioară sau mijlocul aurorei este colorat în nuanțe galben-verzui, iar partea inferioară și extremitățile în roșu.

11.4 Fenomene diverse

Vântul tare - se notează atât la orele de observații cât și între acestea, numai când viteza vântului depășește în medie, timp de 2 minute 14 m/s, deci când poziția medie a plăcii ușoare a giruetei a oscilar timp de 2 minute deasupra dintelui 6, sau când placa grea a oscilat în medie timp de 2 minute deasupra poziției mijlocii dintre dinții 3 și 4.

Vijelia - este intensificarea neașteptată, bruscă și de scurtă durată (de câteva minute) a vântului care se produce de obicei în cazul norilor *Cumulonimbus*, a averselor de ploaie și orajelor.

Viteza vântului poate să nu atingă valoarea vântului tare, dar vijelia poate avea o putere distrugătoare.

Odată cu schimbarea bruscă a direcției vântului, toate elementele meteorologice au o variație rapidă, în salturi (presiunea atmosferică și umezeala relativă cresc brusc, iar temperatura aerului scade brusc).

Solul acoperit cu zăpadă - se notează stratul de zăpadă care acoperă suprafața vizibilă a împrejurimilor platformei, ori de câte ori la ora 7, stratul de zăpadă acoperă solul. De asemenea se va nota și în cazurile când după ora de observație s-a depus un strat de zăpadă, care acoperă cel puțin 6/10 din suprafața vizibilă a împrejurimilor platformei.

Soarele strălucește - în momentul observației, indiferent de gradul de înnoare, razele solare luminează platforma meteorologică.

12. OBSERVATII FENOLOGICE

Fenologia este știința care se ocupă cu studiul principalelor fenomene biologice cu caracter ciclic, vizibile în evoluția anuală a organismelor vegetale și animale. Acestea, constituie reacția organismului la acțiunea conjugată a factorilor ecologici. Cea mai semnificativă reacție se semnalează datorită manifestărilor factorilor climatici.

În fenologia forestieră se cer câteva condiții: alegerea judicioasă a locului de efectuare a observațiilor fenologice, asigurarea continuității lor în aceeași suprafață o perioadă îndelungată de timp, respectarea unor norme menite a conferi o precizie ridicată observațiilor și a diminua influența factorului subiectiv.

La fixarea punctelor de observație trebuie să se țină seamă de următoarele reguli:

- punctul de observație (stațiunea fenologică) să fie cât mai reprezentativ pentru vegetația forestieră a zonei. În acest scop, observatorul va avea în vedere, îndeosebi, bazine, bazine sau grupe de păduri, căutând să aleagă punctele de observație pe anumite profile transversale, astfel încât observațiile să poată oglindi condițiile staționale din regiune și să permită stabilirea diferențelor dintre ele. De asemenea, dacă în cuprinsul zonei există stațiuni reprezentative pentru anumite specii este indicat să se înființeze și acolo puncte de observație. De exemplu: fenologia molidului de rezonanță, fenologia gorunului de furnir etc.

În mod practic, pe teren se alege o porțiune de pădure în suprafață de 1 - 5 ha. Suprafața punctelor de observație nu va fi sub 1 ha în regiunile accidentate și peste 5 ha în regiunile de câmpie.

Suprafețele în care se execută observațiile fenologice asupra arborilor maturi, ajunși la fructificație, se delimitează în cuprinsul arboretului.

În regiunile accidentate, punctele de observație se delimitează astfel încât să se evite, în cuprinsul lor, variații prea mari de altitudine și de expoziție. Se insistă asupra faptului că un punct de observație trebuie să corespundă unei singure orientări (nord, sud, est sau vest), iar diferențele de nivel (în cuprinsul punctului de observație) trebuie să nu depășească 50 - 100 m. Pentru a se evita acest lucru, în regiunile de deal și de munte punctele de observație se aleg de-a lungul curbei de nivel. Este greșit să se amplaseze un punct de observație din amonte până în aval, sau într-un bazin pe toată lungimea văii, ori să se considere drept punct de observație un întreg versant.

Pentru a aprecia influența pe care altitudinea și expoziția o exercită asupra dezvoltării vegetației este indicat ca punctele fenologice să se aleagă astfel:

- pe un versant cu expoziție sudică (sau vestică) - un punct fenologic în aval (la poalele versantului) și altul în amonte (la partea superioară a versantului);
- iar pe un alt versant cu expoziție nordică (respectiv estică) un punct de observație în aval și altul în amonte, la aceeași altitudine, cu cel de pe versantul sudic (respectiv vestic).

Totodată, pentru a putea surprinde deosebirile dintre condițiile de vegetație de pe versanți cu diferite expoziții, este de dorit ca stațiunile să fie amplasate pe versanți cu expoziții net nord, sud, est sau vest, iar nu cu orientări intermediare (nord-est, sud-vest etc.). Este foarte indicat ca în acest caz punctele de observație să fie amplasate pe versanții aceleiași culmi, pentru a se evita influența latitudinii și longitudinii.

Deci, în regiunile accidentate, este necesar să se aleagă punctele de observație pe fund de vale, pe versanți (pe diferite expoziții și la diferite altitudini), pe culme sau platou. Fiecare dintre aceste suprafețe constituie câte un punct de observație, pentru care se completează câte un chestionar fenologic.

Pentru a se recunoaște cu ușurință punctul de observație pe teren acesta se va marca fie prin însemnarea cu vopsea a arborilor pe laturile suprafeței respective, fie prin borne.

La alegerea punctelor de observații fenologice la *exemplarele mature* trebuie să se țină seama de faptul că este necesar ca observațiile fenologice să se efectueze asupra acelorași exemplare timp de cel puțin 5 - 10 ani, preferabil însă 25 - 30 ani. Practic, pentru a asigura continuitatea observațiilor asupra acelorași specii, acelorași exemplare în aceeași stațiune, suprafața respectivă trebuie aleasă astfel încât să nu vină în rând la tăiere înainte de cel puțin 10 ani. În cazul când, din motive neprevăzute punctele respective trebuie părăsite, în anul următor, noile suprafețe trebuie alese în apropiere și, pe cât posibil, în condiții asemănătoare celor precedente, pentru ca datele să fie omogene, deci comparabile. Această regulă trebuie respectată și în cazul când stațiunea trebuie părăsită după mai mulți ani de observație (25 - 30).

Pentru cazurile când se aleg noi puncte de observație, această alegere trebuie făcută înainte de începerea perioadei de vegetație, marcându-se punctul respectiv atât pe teren cât și pe hartă, pentru a se facilita recunoașterea.

Pentru ușurarea lucrărilor de centralizare și pentru identificarea și amplasarea pe hartă a punctelor de observație este necesar să se întocmească o schiță de plan simplă, în care să se indice, de preferință, comunele cele mai apropiate, acestea găsindu-se cu mai multă ușurință pe hărți.

În executarea observațiilor fenologice asupra *semințisului*, se respectă indicațiile de mai sus. În această situație însă, durata observațiilor este mai redusă : 5 - 6 ani.

În cazul când observațiile fenologice se execută asupra *puietilor din pepinieră*, alegerea punctelor de observație se face în modul următor: dacă pepiniera respectivă este amplasată pe un teren uniform, se poate considera în întregime un singur punct de observație; dacă însă în cuprinsul pepinierii există porțiuni depresionare, este indicat să se aleagă 2 sau mai multe puncte de observație pentru a se putea urmări influența condițiilor microclimatice, a microreliefului.

Pentru a se asigura efectuarea observațiilor fenologice atât în pădure cât și în pepinieră, este necesar ca punctele de observație să fie ușor accesibile.

În general, observațiile fenologice la speciile forestiere se fac în primele ore ale după-amiezii (14 - 16) pentru a se avea certitudinea că faza considerată s-a realizat în ziua respectivă. La *speciile ierbacee* observațiile fenologice se fac însă dimineața, deoarece în acest timp se deschid majoritatea florilor.

Observațiile fenologice constau în surprinderea pe cale vizuală a momentului declanșării fenofazelor. Pentru o mai bună orientare, în cele ce urmează se dau principalele elemente de determinare a fenofazelor.

Inceputul circulației sevei. Această fenofază poate fi determinată printr-o simplă observație numai la arțar, mesteacă, carpen, adică la acele specii, la care circulația sevei este atât de intensă încât la o mică rănire a scoarței arborilor, seva începe să se elimine din rană sub formă de picături.

Pentru a determina începutul circulației sevei pe arborii observați, se execută, în primele zile de apariție a temperaturilor pozitive, împunsături în scoară, pătrunzând și în lemn. După aceea se urmărește apariția primelor picături de sevă din împunsături; zi care este notată în jurnal ca prima zi de apariție a fenofazei de circulație a sevei. Cu această ocazie trebuie evitate rămirile inutile ale arborilor, pentru a preîntâmpina putrezirea lemnului.

Umflarea mugurilor. Apariția umflării mugurilor se observă atunci când volumul acestora crește, sau când se desfac primii solzii.

Primul indiciu se utilizează la speciile ale căror muguri au un singur solz acoperitor (ex.: salcia), precum și la speciile cu muguri fără solzi acoperitori (lemn câinesc, dârmox).

Pe baza celui de-al doilea indiciu, fenofaza se înregistrează în aceeași zi, în care solzii s-au deschis puțin pe lungimea mugurelui, însă nu s-au îndepărtat unul de celălalt (ceea ce se întâmplă cu ocazia umflării) și în locurile de desfacere au devenit vizibile dungulițele înguste ale unui țesut mai deschis.

Desfacerea mugurilor (înfrunzirea). Apariția fenofazei de desfacere a mugurilor este înregistrată în aceeași zi în care solzii s-au desfăcut, s-au îndepărtat unul de celălalt, din vârful mugurilor și-au făcut apariția vârfuri de frunzișoare verzi, sau au ieșit mugurii ascunși și se observă un început de frunză verde.

La pin, ca timp de deschidere, de înverzire a mugurilor, trebuie considerat acel moment când mugurii s-au lungit într-o măsură așa de mare încât au pierdut forma obișnuită de con și au început să capete o formă cilindrică.

Formarea de muguri noi. Această fenofază se determină mai dificil, deoarece mugurii noi apar pe lujer la scurt timp după formarea frunzelor și se dezvoltă treptat, la unele specii - aproape până în toamnă, când aceștia primesc în final o formă normală și un colorit de solzi caracteristic pentru specia respectivă.

Apariția acestei fenofaze se înregistrează în acea zi în care toți mugurii de pe lujer, inclusiv și cei din vârf au atins mărimea normală, cu toate că nu au primit încă coloritul caracteristic. La speciile cu mugurii ascunși, după desprinderea frunzei împreună cu pedunculul de la lujer, se observă în aceeași zi în locul de îmbinare a pedunculului cu lujerul o mică proeminență provenită de la mugurele ascuns.

Începutul formării frunzelor. Această fenofază apare la speciile de foioase în acea zi în care între frunzele verzi, tinere de pe ramuri se pot observa frunzulițe mici, încă nedezvoltate, care însă reprezintă clar, din punct de vedere al formei, specia respectivă; la speciile de rășinoase - când acele tinere se desprind de tija lujerului tânăr (la pin), sau se individualizează în părțile lor superioare (molid, larice). În cazul unei acoperiri repetate cu frunze (după un îngheț slab) datele se trec în aceleași coloane, în rândul al doilea.

Acoperirea completă cu frunze. Determinarea acestei fenofaze se poate face printr-o examinare atentă, zilnică a coroanei arborilor, ea înregistrându-se în acea zi în care toate frunzele ajung la mărimea normală, caracteristică pentru specia studiată; pentru speciile de rășinoase această fenofază se realizează atunci când acele ating jumătate din lungimea celor din anul precedent.

Începutul îngălbenirii (modificarea coloritului) frunzelor se înregistrează în acea zi, în care apar primele frunze cu un colorit de toamnă, ce diferă de coloritul normal, verde. La unele specii frunzele rămân uneori verzi până când nu vor fi atinse de îngheț. La aceste specii ca început de îngălbenire trebuie considerat momentul în care frunzele se vestejesc după îngheț. La speciile de rășinoase, afară de larice, îngălbenirea și căderea frunzelor se referă la acele din anii precedenți.

Este necesar să se deosebească modificarea ocazională a coloritului, provocat de o vreme caldă, uscată, de vătămare prin insecte, prin ciuperci, prin poluare etc. Aceste modificări ocazionale nu se înregistrează în jurnal, se notează numai în jurnalul de zi.

Îngălbenirea completă (modificarea coloritului) a frunzelor se înregistrează în acea zi în care majoritatea frunzelor a primit coloritul nou, care diferă de culoarea verde normală.

Începutul căderii frunzelor. Această fenofază se înregistrează în acea zi în care încep să se desprindă și să cadă frunzele. Trebuie avută în vedere o atenție specială acordată diferențierii căderii frunzelor datorită unor procese fiziologice normale, de o cădere de frunze accidentală timpurie, provocată de agenți patogeni : vătămare de insecte, ciuperci, declinul pădurii etc.

Pentru cazurile anormale de îngălbenire sau cădere a frunzelor se fac observații în cadrul monitoringului național al stării de sănătate a pădurii.

Căderea completă a frunzelor. Apariția acestei fenofaze se consideră atunci când toate frunzele au căzut, cu excepția unor frunze singulare.

Începutul înfloririi. La toate speciile cu un periant dezvoltat, începutul înfloririi este considerată acea zi în care s-au observat corolele deschise la primele flori de pe ramurile arborelui supus observației. La toate speciile cu flori sub formă de ament (mesteacăn, anin, alun, stejar, carpen, plop, salcie) și la speciile de rășinoase (pin, molid etc.) începutul înfloririi se determină ca fiind începutul împrăștierei polenului.

Observațiile privitoare la înflorire trebuie făcute în a doua jumătate a zilei, pentru a se putea surprinde mai bine eliminarea polenului.

În cazul unei a doua înfloriri, datele acestea se indică în coloanele privitoare la înflorire, dar în rândul al doilea.

Sfârșitul înfloririi. La speciile cu un înveliș floral bine dezvoltat, această fază se determină după căderea în masă a petalelor, a caliciilor, iar la speciile cu polenizare prin vânt - după încetarea polenizării și vestejirea staminelor și amentilor.

Gradul de înflorire. Se evaluează vizual după un sistem cu șase graduări : 5 - foarte bun; 4 - bun; 3 - mediu; 2 - slab; 1 - foarte slab; 0 - lipsă de înflorire.

Începutul coacerii fructelor sau a semințelor. Caracteristic pentru determinarea stadiului respectiv este începutul modificării coloritului la fructe sau semințe, de exemplu, îngălbenirea bobului (păstăie) la salcâmul galben, înroșirea fructelor la scorușul de munte, înnegrirea la lemnul câinesc etc. Se modifică și structura internă a seminței; sămânța începe să primească structura care o are în stadiul coapt. Verificarea indicilor exteriori prin examinarea structurii interioare a unei semințe, este foarte importantă deoarece permite să se deosebească coacerea reală de cea aparentă, provocată de diferite fenomene, de maladii și de vătămare mecanică a fructelor.

Încetarea coacerii fructelor sau a semințelor. Această fenofază se înregistrează în acea zi în care aproape toate semințele sau fructele primesc coloritul corespunzător stării de maturitate și structura definitivă a învelișului de acoperire (exocarpi).

Începutul căderii fructelor sau a semințelor. Începutul acestei fenofaze se consideră în ziua în care apar pe sol primele fructe sau semințe coapte. Pentru comoditatea observațiilor sub coronament se curăță (până la stratul mineral) câteva platforme în mărime de 1 x 1 m. Este necesar să se aibă în vedere că la multe specii, în special la stejar, măr, păr, întâi încep să cadă fructele nesănătoase și vătămate. Căderea unor fructe nu se trece în jurnal ci se înseamnă numai în jurnalul de zi.

Încetarea căderii fructelor sau a semințelor. Se înregistrează în acea zi în care fructele sau semințele arborelui observat au căzut aproape toate cu excepția celor singulare rămase pe unele ramuri.

Gradul de recoltă. Gradul de recoltă se evaluează după sistemul de notare cu șase note : 5 - recoltă foarte bună (există fructe sau semințe în cantitate mare la majoritatea arborilor și arbuștilor); 4 - recoltă bună (există fructe sau semințe într-un număr important la majoritatea arborilor și arbuștilor); 3 - medie (fructe și semințe în cantitate medie la mulți arbori și arbuști); 2 - slabă (fructe sau semințe în cantitate mică la

mulți arbori și arbuști); 1 -foarte slabă (fructe sau semințe în cantitate neînsemnată la arbori și arbuști distincți); 0 - lipsă de recoltă (fructificație).

Apariția de plante din seminț natural (de la semințe căzute). Această fenofază necesită o atenție deosebită a observatorului, deoarece este foarte greu să se descopere apariția de plantule la unele specii cu semințe foarte mărunte. Din aceste specii fac parte : salcia, mesteacănul, plopul de munte etc. În condiții favorabile, semințele acestor specii răsar foarte curând după cădere. Apariția de plante la aceste specii trebuie urmărită pe platforme la care nu există litieră și nici strat de iarbă prea des.

La speciile cu semințe mari (stejar, arțar, frasin, tei salbă etc.) răsărirea plantulelor se poate observa ușor primăvara atât sub masiv, cât și la lizieră pe fâșii de teren cu zăpadă topită.

În toate cazurile, această fenofază se înregistrează la data apariției plantulelor și anume când plantulele răsărite conțin cotiledoane sau primele frunze, în cazul când cotiledoanele rămân în pământ.

Inceputul creșterii lujerilor din vârful arborilor. Creșterea lujerilor din vârful arborilor începe de obicei imediat după deschiderea mugurilor.

Încetarea creșterii lujerilor din vârful arborilor. Indicatorul încetării creșterii lujerilor unui arbore este formarea mugurelui terminal. Totuși, din momentul apariției mugurelui terminal lujerul continuă să crească cu toate că această creștere nu mai este evidentă. Creșterea lujerului încetează atunci când mugurele atinge mărimea normală.

Pentru o determinare mai precisă a acestei fenofaze se recomandă ca din ziua apariției mugurilor terminali să se măsoare la fiecare a doua zi, cu o riglă, câțiva lujeri din vârful arborelui. Acea zi în care nu se va mai observa o creștere a lujerilor se consideră ca începutul fenofazei de încetare a creșterii lujerilor. Această fenofază, ca și precedenta nu poate fi observată decât la puiet.

Inceputul și sfârșitul creșterii lujerilor laterali. Se determină în mod analog cu faza precedentă.

Studiu de caz

În perioada 1946-1965 au fost organizate rețele de observații fenologice. Acestea au acoperit toată țara printr-o varietate mare de specii forestiere.

Rezultatele au fost publicate în lucrarea scrisă de Aurora Tomescu și col. "Cercetări fenologice la principalele specii forestiere autohtone din RSR - sinteză pentru perioada 1956-1965".

Pentru punctul fenologic 77 "Pârâul Morii" din Ocolul silvic Pojorâta, latitudine 47°32'N și longitudine 25°34', altitudine 950 m, expoziție nord-vestică, s-au făcut observații la speciile brad, larice, molid, paltin de munte. În tabelul 11 se prezintă datele fenologice pentru aceste specii:

Tabelul 11

Data producerii principalelor fenofaze la speciile supuse observațiilor meteorologice în punctul fenologic 77 "Pârâul Morii" Ocolul silvic Pojorâta (Aurora Tomescu și colab.)

Specia	Înmugurire	Înfrunzire		Înflorire început	Coacere semințe		Colorare frunze	Cădere frunze	Perioada de vegetație
		Început	Generală		Început	Generală			
Brad	23.V			26.V	21.X	10.XI			
Molid	22.V	3.VI	16.VI	20.V	10.X	21.X			
Larice	24.IV	30.IV	4.V				21.X	28.X	179
Paltin munte	28.IV	6.V	15.V	14.V	24.IX	9.X	27.IX	11.X	144

Tot pe baza observațiilor fenologice se stabilește și lungimea sezonului de vegetație. Variația geografică a lungimii sezonului de vegetație se prezintă în figura nr.118.

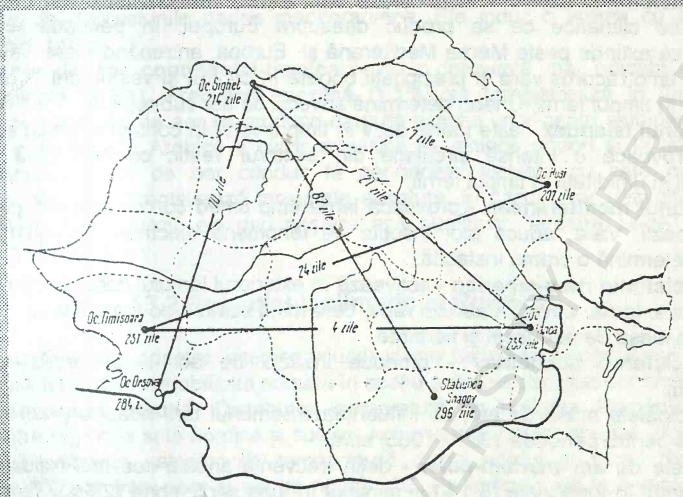


Fig. 118 - Variația lungimii sezonului de vegetație pentru condițiile anului 1952 determinată pe baza observațiilor fenologice

13. CARACTERIZAREA CLIMATICĂ A TERITORIULUI ȚĂRII NOASTRE

13.1 Principalele mase de aer ce influențează clima țării noastre

Masele de aer se deosebesc între ele prin fenomenele meteorologice pe care le generează în contact cu alt factor climatogen, care este relieful. În raport cu zonele de origine, masele de aer se clasifică în : mase de aer tropical (*T*), polar (*P*) și arctic (*A*). Conținutul de umiditate din aer, este mai ridicat în masele formate deasupra oceanelor (*m*) și mai scăzut în cele continentale (*c*).

În figura 119 se prezintă zonele de origine și traiectoriile principalelor mase de aer ce acționează peste Europa.

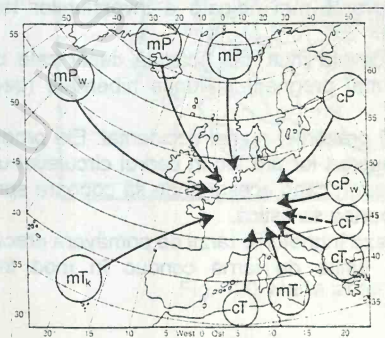


Fig. 119 Principalele mase de aer ce influențează clima Europei

Principalii centri barici permanenți sau sezonieri, ce influențează circulația generală a aerului deasupra țării noastre sunt :

Anticicloul azoric - influențează sub aspect termodinamic cel mai puternic transformările climatice ce se produc deasupra Europei. În perioada maximă de dezvoltare se extinde peste Marea Mediterană și Europa, antrenând mase de aer de tip oceanic cu timp răcoros vara și precipitații bogate în centrul și vestul țării și aer cald cu dezecheturi, în timpul iernii. Uneori determină advecții de aer subtropical.

Cicloul islandez - este foarte activ în timpul verii. În contact baric cu anticicloul azoric, provoacă o intensă circulație din sectorul vestic ce determină creșterea temperaturii și umidității în timpul iernii.

Cicloul mediteranean - provoacă iarna timp umed cu cer acoperit, ploi, moină, topirea zăpezii. Vara, aduce ploi însoțite de fenomene electrice. În anotimpurile de tranziție, determină o vreme instabilă.

Anticicloul ruso-siberian - activează în exteriorul lanțului carpatic prin dorsale și nuclee mobile. Iarna, advecția aerului rece, determină scăderi de temperatură, viscole, iar vara, aduce mase de aer uscat și fierbinte.

Anticicloul scandinav - produce invazia de aer rece, arctic din nordul continentului.

Principalele mase de aer, ce influențează teritoriul țării noastre (frecvența a fost determinată pentru perioada 1981 - 1985) sunt :

Masele de aer maritim-polar - dețin frecvența anuală cea mai ridicată (45,9%) având maximum în luna iunie (5,1%) și minimum în luna septembrie (2,7%). Pe anotimpuri ponderea cea mai ridicată se menține în primăvară și cea mai scăzută toamna. Având în vedere, că aceste mase de aer sunt induse cu precădere ca urmare a acțiunii depresiunii islandeze sau a anticicloului azoric, ele conduc vara la o vreme înstabilă, mai răcoroasă, cu precipitații bogate, iar în anotimpul rece, au o acțiune mai atenuată asupra temperaturilor, cu precipitații sub formă de ploaie. Sunt masele de aer, care în mod frecvent, prin escaladarea versanților, conduc la fenomene de foehn.

Masele de aer continental-polar - survolează teritoriul cu o frecvență anuală de 33,5%. Luna când ating ponderea maximă (4,3%) este septembrie, iar minimum în luna iunie (1,8%). În raport cu anotimpurile, se poate afirma că sunt masele de aer, caracteristice toamnei. Aceste mase de aer sunt formate și transportate de anticiclonele continentale din Europa și Asia. Iarna, sunt aduse în spațiul țării noastre în cadrul dorsalei sud-vestice ale anticicloului siberian, de nucleei desprinși din anticicloul azoric sau siberian și centrați deasupra Europei Centrale, sau într-o proporție mai redusă de către anticicloul scandinav prin periferia sa sudică.

Vara, aceste mase de aer, produc o vreme răcoroasă cu precipitații reduse, mai ales sub formă de averse însoțite de descărcări electrice, iarna conduc la scăderea temperaturilor. Sunt mase de aer care toamna induc o vreme frumoasă și stabilă, în lunile septembrie și octombrie. Pentru climatul montan sunt extrem de importante, mai ales pentru faptul, că, ele conduc la o frecvență mai ridicată a inversiunilor termice, cu precădere în semestrul de toamnă - iarnă.

Masele de aer arctic - au o frecvență mult mai scăzută decât cele de origine polară - 6,1% anual, manifestându-se mai pregnant în lunile hibernale (decembrie - ianuarie).

În lunile de primăvară - vară pot fi prezente, numai accidental. Ele produc răcirile cele mai drastice din timpul iernii. Deplasarea lor are loc în cadrul circulației ultrapolare fiind înlesnită fie de anticicloul ruso-siberian când acesta tinde să coboare spre sud, fie de dorsala anticicloului scandinav prin partea sa estică.

Acele mase de aer pot să favorizeze înghețurile târzii de primăvară precum și cele timpurii de toamnă. De asemenea în lunile de iarnă conduc în mod frecvent la înregistrarea inversiunilor termice.

Masele de aer maritim tropical - dețin o frecvență foarte redusă (1,9%) manifestându-se mai pregnant în lunile de vară - maximum (0,5%) în luna august. Ele își au originea la latitudinile subtropicale ale oceanului Atlantic sau în Marea Mediterană și sunt transportate de depresiunile barice mediteraniene. Ele induc o vreme cu temperaturi ridicate și ploi calde.

Masele de aer continental-tropical - au o frecvență mai ridicată decât cele maritim-tropicale (4,2%). Frecvența maximă (1,1%) se înregistrează în luna august. Advecția acestor mase de aer se produce datorită acțiunii unor centri semipermanenți în Asia Mică și Peninsula Arabică a căror activitate se extinde uneori și la latitudini mai nordice. Aceste mase de aer conduc la perioadele estivale cu cele mai ridicate temperaturi când se înregistrează maximele absolute. În cazul unor dezvoltări cu totul accidentale în timpul iernii, ele dau naștere așa numitelor "ferestre calde", destul de frecvente în ultimii 10 ani.

13.2 Potențialul climatic al României

În condițiile țării noastre, interconexiunile dintre factori climatogeni sunt pregnante și puse în evidență prin variabilitate ridicată în spațiu și timp a parametrilor climatici.

Temperatura aerului. Distribuția temperaturii pe teritoriul României indică o diferență între regiunile sale nordice și sudice. În harta izotermelor anuale (figura 120) se constată că diferența valorilor de temperatură dintre nordul și sudul țării este de aproximativ 3°C, iar între vest și est de numai 1°C. Pe teritoriu, de la o regiune la alta, aceste diferențe sunt mult mai evidente. Astfel, în câmpia Română, valorile anuale ale temperaturii aerului oscilează între 10 și 11°C. În celelalte zone de câmpie, repartitia latitudinală a temperaturii aerului este mai uniformă. Din hartă se observă deasemenea că gradientii termici orizontali sunt mici la câmpie și cresc în zona muntoasă (izotermele se îndesesc).

Izoterma anuală de 0°C se situează în Carpații Meridionali, la o altitudine de 2000 m în sud și la 1800 - 1850 în nord.

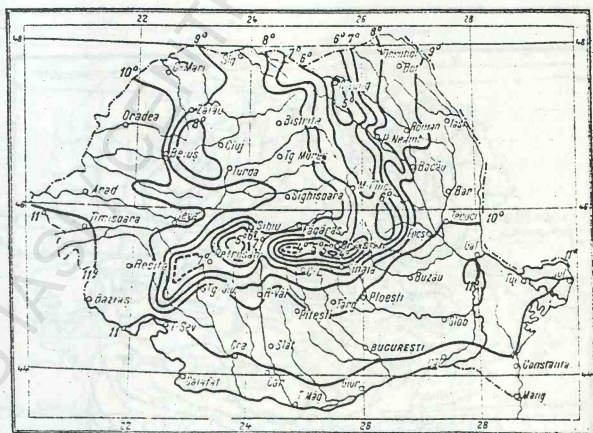


Fig. 120 Harta izotermelor anuale

Cele mai mari valori medii ale temperaturii aerului în luna iulie - peste 23°C - sunt localizate în sudul Câmpiei Române, iar cea mai scăzută din luna ianuarie, sub -3°C , în zona Moldovei și estul Câmpiei Române.

Temperatura maximă absolută a aerului de $44,5^{\circ}\text{C}$ s-a produs la 10 august 1951, la stația Ion Sion, din nordul Bărăganului. În aceeași zi la stația Amara din Câmpia Română termometrele arătau la umbră $44,0^{\circ}\text{C}$ (figura 121).

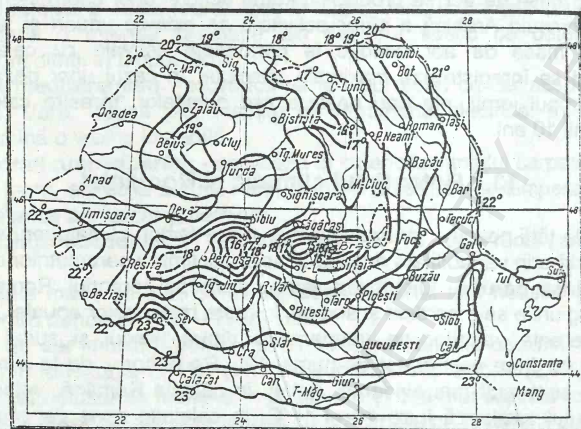


Fig. 121 Harta izotermelor lunii iulie

Temperatura minimă absolută de $-38,5^{\circ}\text{C}$ s-a produs la 25 ianuarie 1942 la stația Bod, în depresiunea Bârsei. Numărul zilelor cu temperaturi minime sub 0°C , adică a zilelor cu îngheț oscilează în medie între 100 și 150 în Transilvania, 100 - 120 în Câmpia Română și Moldova, sub 80 pe litoral și peste 200 în munții înalți (figura 122).

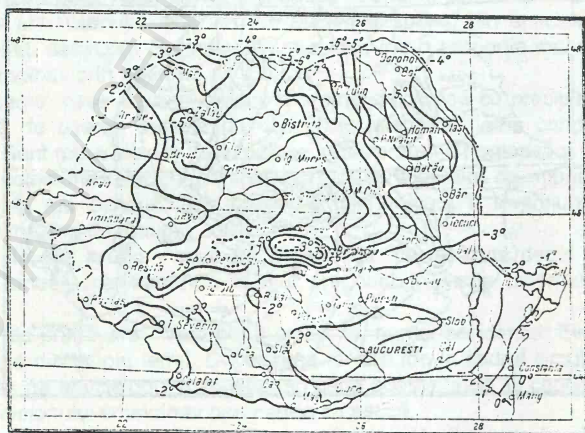


Fig. 122 Harta izotermelor lunii ianuarie

Amplitudinile de temperatură care indică și gradul de continentalism termic se prezintă în figura 123.

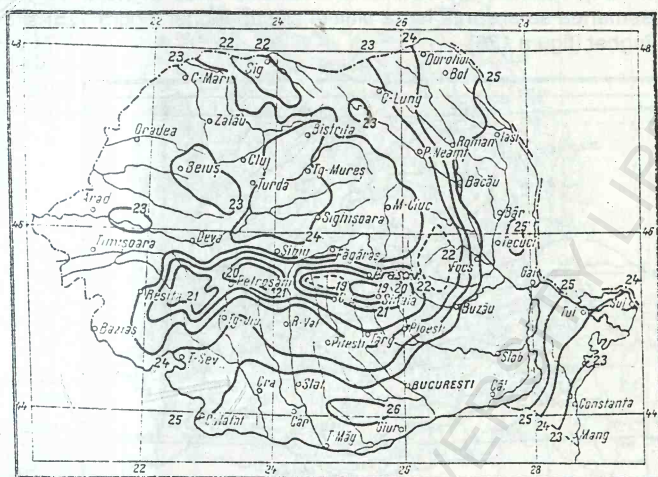


Fig. 123 Harta amplitudinilor anuale de temperatură

Dintr-o perioadă de observație de aproape 60 de ani s-a constatat că primul îngheț se produce în general între 1 și 10 octombrie în nordul țării și regiunea subcarpatică, 11-20 octombrie în Transilvania și Moldova și la sfârșitul lunii octombrie în Câmpie. În lunca Dunării și pe litoral primul îngheț se produce după 1 noiembrie.

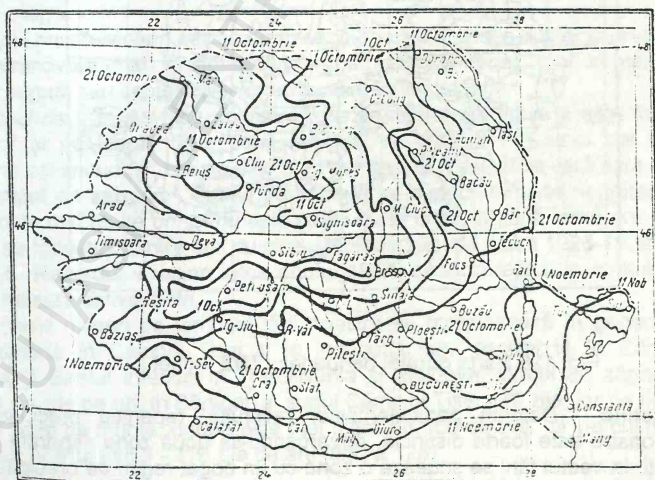


Fig. 124 Harta primei zile de îngheț

Ultimul îngheț de primăvară se observă la sfârșitul lunii martie pe litoral între 1-10 aprilie în Câmpie, între 11 și 20 aprilie în Transilvania și Moldova și între 21 aprilie și 1 mai în zonele deluroase și regiunile subcarpatice. Pentru orientare se dă harta primei zile de îngheț (figura 124), izoliniile reprezentând localitățile unde înghețul se produce în aceeași zi. De asemenea se prezintă harta ultimei zile de îngheț (figura 125) și a duratei perioadelor fără îngheț (figura 126).

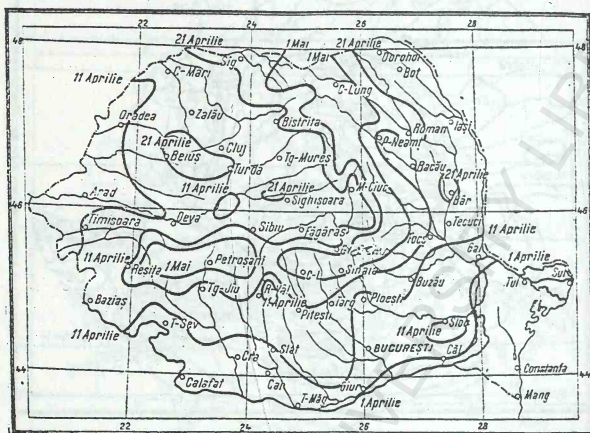


Fig. 125 Harta ultimei zile de îngheț

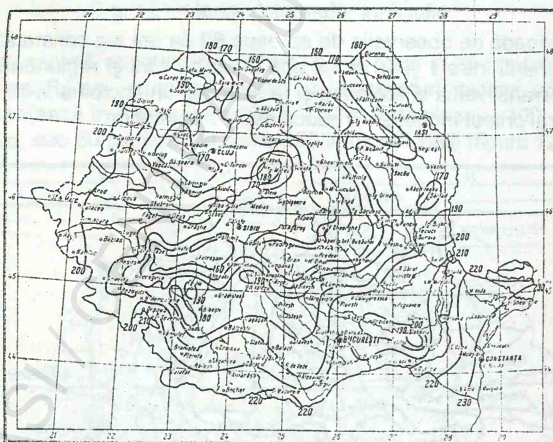


Fig. 126 Harta duratei perioadelor fără îngheț

Precipitațiile - Datorită particularităților reliefului, repartitia precipitațiilor pe teritoriul țării noastre este foarte distinctă, remarcându-se două zone separate de lanțul Munților Carpați. În vestul țării se situează o zonă cu un bogat regim de precipitații, iar în partea continentală de est și de sud, o zonă mai aridă. Distribuția anuală a precipitațiilor se prezintă în figura 127.

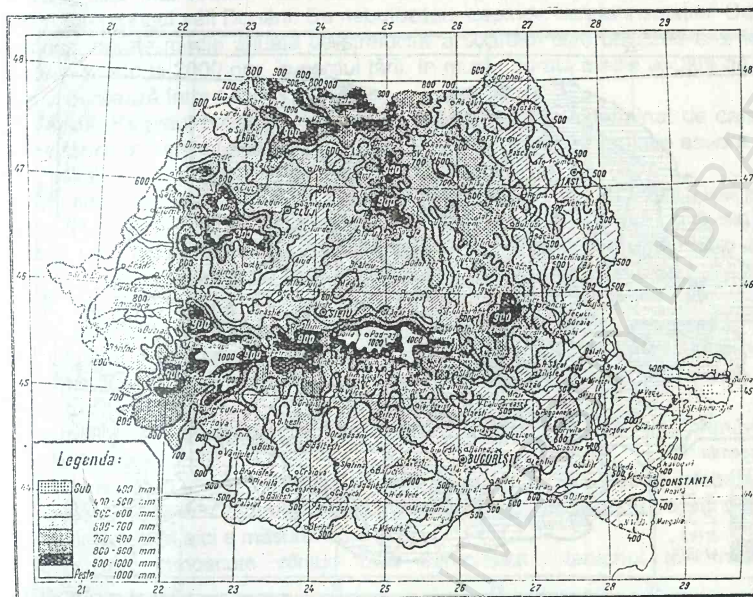


Fig. 127 Distribuția anuală a precipitațiilor

Analizând repartitia lunară a precipitațiilor, se deosebesc trei tipuri :

- **tipul continental** sau al ploilor de vară, frecvent pe întregul litoral : se caracterizează printr-o valoare maximă vara (iunie) și o valoare minimă iarna (ianuarie sau februarie);

- **tipul mediteranean** se caracterizează printr-o oscilație dublă, și anume : un maxim principal primăvara (mai) și altul secundar toamna (octombrie), apoi un minim în februarie și altul în august sau septembrie. Este frecvent în vestul țării;

- **tipul de tranziție** face trecerea între primele două tipuri și este frecvent în sud-vestul țării și pe litoral. Cele două maxime se produc : în iunie cel principal și în septembrie cel secundar, acesta fiind mult mai redus. Minimul de vară este și el variabil.

Stratul de zăpadă - Stratul de zăpadă se distribuie foarte neuniform pe teritoriul țării. De cele mai multe ori, el nu este continuu și chiar în plină iarnă are perioade când lipsește (se topește). Dintre anii cu strat stabil de zăpadă cităm 1928-1929; 1953-1954 și 1955-1956. Recordul îl deține iarna anului 1954, când în februarie stratul de zăpadă în Bărăgan măsura câțiva metri.

Primele ninsori pe teritoriul țării noastre se înregistrează în general la începutul lunii noiembrie în Câmpia Tisei și la începutul lunii decembrie în Câmpia Română, Dobrogea și Siretul inferior. În Transilvania și Moldova, stratul de zăpadă durează în medie 50 de zile pe an, în Bărăgan și sudul Câmpiei Tisei - 40 zile, iar pe litoral 30 de zile pe an. În zona de munte, durata este mai mare de 100 de zile, iar pe culmile înalte chiar 200 de zile (Vârful Omul - 219 zile pe an) (figura 128).

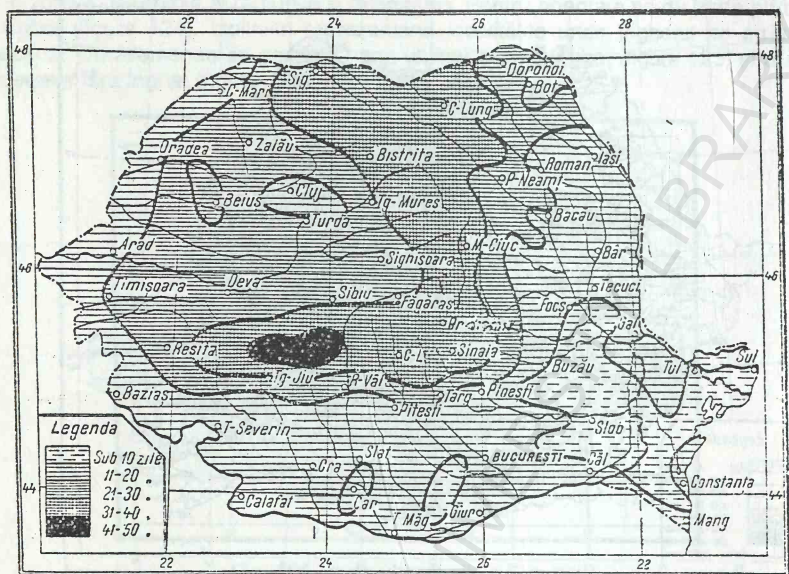


Fig. 128 Numărul mediu de zile cu precipitații sub formă de zăpadă

Umezeala aerului - Valorile medii anuale ale umezelii absolute depășesc $6-7 \text{ g/m}^3$ în zona alpină. În perioada rece a anului, umezeala absolută scade până la $2-4 \text{ g/m}^3$, în timp ce vara ea crește între $10-13 \text{ g/m}^3$ la câmpie și până la $14 - 16 \text{ g/m}^3$ pe litoral, fără să depășească 8 g/m^3 în munții înalți.

Umezeala relativă este un factor foarte important în regimul evaporării și al transpirației vegetației, în procesele de formare a produselor de condensare, în procesele radiative etc. În partea continentală a teritoriului țării noastre, valorile medii anuale ale umezelii relative sunt de 70 - 75%, exceptând litoralul, unde depășesc 80%. În Câmpia Tisei și Transilvaniei, umezeala relativă oscilează între 75% și 80% iar pe pantele și culmile munților, valoarea ei măsoară între 80 și 90%.

Nebulozitatea - Norii, ca principală sursă a precipitațiilor atmosferice și ca obstacol în calea insolației sau a efectului radiativ al soarelui terestru, modifică mult principalele componente ale bilanțului radiativ și caloric al stratului de aer aflat în imediata apropiere a suprafeței solului.

Valorile mijlocii anuale ale nebulozității, exprimate în zecimi, sunt mai mici cu 5/10 pe litoral și sudul Câmpiei Române, depășesc 5,5/10 în Câmpia Tisei, Transilvania și Moldova și ajung 7/10 în regiunea munților înalți.

Cea mai mare nebulozitate în luna ianuarie (peste 7/10) se produce în Câmpia Tisei, Transilvania și Moldova. Aici, predomină norii *Stratus* foarte frecvenți în orele de dimineață.

Zona cu nebulozitate redusă se situează deasupra Podișului Getic și a Subcarpaților Sudici și Estici. Aceasta se datorește efectului de foehn care se formează aici iarna, la trecerea aerului mai rece din nord-vest peste culmile Carpaților.

Vara, cea mai redusă nebulozitate se înregistrează pe litoral, deasupra Deltei Dunării și de-a lungul văii Dunării. De nebulozitate depinde durata insolației. După datele heliografice, durata medie anuală de strălucire a soarelui este de 2200 ore, în Câmpia Română, și scade la 2000 ore, în nordul țării. În munți, durata medie anuală de strălucire a soarelui oscilează între 1450 și 1600 ore.

Vântul. Regimul eolian pe teritoriul țării noastre este determinat de caracterul și frecvența formelor barice (gradientul baric) cât și de factorii de circulație asupra cărora își exercită influență considerabil și relieful.

Din datele anuale, se poate constata că în Transilvania și Câmpia Tisei predomină vânturile din nord - vest; în Moldova de nord, vânturile din nord și nord-vest în primul rând, apoi cele din sud-est, iar în sudul Moldovei și Bărăgan vântul din nord-est și apoi cele din sud-vest. În partea de vest a Câmpiei Române, predomină vânturile din vest și nord-vest, apoi cele din est.

Pe litoralul Mării Negre predomină vânturile din nord. De la un anotimp la altul, direcția vântului suferă modificări evidente numai în Transilvania. În celelalte regiuni, din cauza influenței stabile a factorilor fizico-geografici, această variabilitate este mai puțin evidentă.

În mersul său anual, vântul înregistrează două valori minime : una primăvara și alta spre sfârșitul toamnei.

Cele mai mari viteze ale vântului s-au înregistrat la București în 3 februarie 1954 - când s-a măsurat 35 m.s^{-1} . La Vârful Omul, viteza vântului depășește frecvent 30 m.s^{-1} , iar viteza maximă atinsă aici a măsurat $43,8 \text{ m.s}^{-1}$.

Cele mai cunoscute vânturi care survolează teritoriul țării noastre sunt următoarele:

- **Crivățul** este vântul rece de nord-est care predomină mai ales iarna, când determină geruri puternice și viscole. Vara este cald și produce secetă.

- **Austrul**, vântul dominant al vestului țării, suflă din sud și sud-vest, atât iarna cât și vara. Trecând peste Alpii Dinarici și Balcani, ajunge în țara noastră ca vânt uscat. Datorită secetei ce o produce vara, localnicii îl numesc "Sărăcilă"

- **Nemirul**, constituie o ramificație a crivățului, atunci când pătrunde prin trecătorile Carpaților Orientali. El bate în Transilvania din est și nord-est și este rece.

- **Coșava**, este o ramificație a austrului și suflă din sud, mai ales în Banat, fiind un vânt cald.

- **Vântul Negru**, suflă în Dobrogea, din sud. Este un vânt uscat și foarte fierbinte. Provoacă mari secete.

- **Băltărețul**, suflă în Muntenia din sud-est, în perioada caldă a anului. Vara produce ploi slabe.

Pe teritoriu se mai produc vânturi locale asemănătoare foehnului. Unul dintre acestea - **Vântul Mare** - din Carpații Meridionali sau vânturile din Carpații Răsăriteni provoacă adeseori doborâturi de arbori, mai ales în pădurile de rășinoase.

13.3 Exemplu de clasificare a climatelor - clasificarea Köppen

În clasificarea climatelor făcute de V. Köppen, se ține seama de valorile precipitațiilor, temperaturilor, cât și de raportul dintre acestea. Noțiunea de formulă Köppen este oarecum improprie, deoarece relațiile care caracterizează fiecare climat în parte, reprezintă un ansamblu de litere, determinat empiric, fiecare din ele având o anumită semnificație.

Pentru ușurința înțelegerii lor, Köppen a întocmit o schemă sintetică (figura 129).

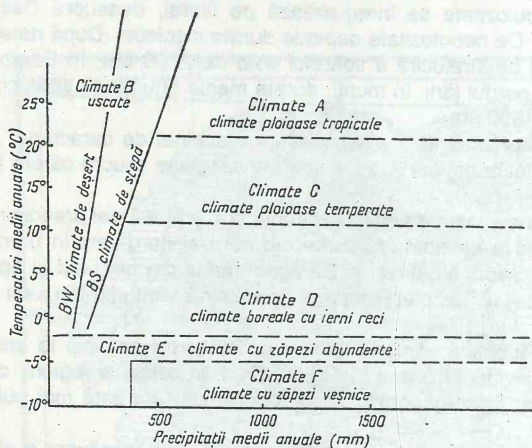


Fig. 129 Schema clasificării climatelor după V. Köppen

Fiecare simbol exprimă un caracter al regiunii considerate. Semnificația acestor litere este următoarea :

- A - temperatura lunii celei mai reci $> 18^{\circ}\text{C}$;
- B - cantitatea de precipitații este sub limita de ariditate;
- C - temperatura lunii celei mai reci este cuprinsă între 18 și -3°C ;
- D - temperatura lunii celei mai reci este sub 3°C , iar în luna cea mai caldă $> 10^{\circ}\text{C}$;
- E - temperatura lunii celei mai calde $< 10^{\circ}\text{C}$;
- F - temperatura lunii celei mai reci $< 0^{\circ}\text{C}$;
- S - climat de stepă;
- W - climat de pustiu;
- T - climat de tundră;
- a - temperatura în cea mai caldă lună $> 22^{\circ}\text{C}$;
- b - temperatura în cea mai caldă lună $< 22^{\circ}\text{C}$; în cel puțin patru luni $> 10^{\circ}\text{C}$;
- c - temperatura numai în 1-4 luni $> 10^{\circ}\text{C}$, iar în luna cea mai rece $> -38^{\circ}\text{C}$;
- d - temperatura în luna cea mai rece $< -38^{\circ}\text{C}$;
- f - permanent umed;
- i - izoterm, diferența dintre lunile extreme $< 5^{\circ}\text{C}$;
- k - iarna rece, temperatura anuală $< 18^{\circ}\text{C}$; cea mai caldă lună $> 18^{\circ}\text{C}$;
- K - ca și k cu deosebirea că temperatura în cea mai caldă lună $< 18^{\circ}\text{C}$;
- x - maximul de precipitații la începutul verii, nebulozitate redusă la sfârșitul verii etc. . . .

Cunoscând semnificația acestor simboluri, putem scrie formula climatică a diferitelor zone sau subzone. În figura 130 se prezintă zonarea climatică a globului terestru după sistemul Köppen-Geiger. Deși sistemul a fost intens utilizat datorită simplității lui și gradului mare de generalizare, la ora actuală se utilizează și alte sisteme de clasificare climatică.

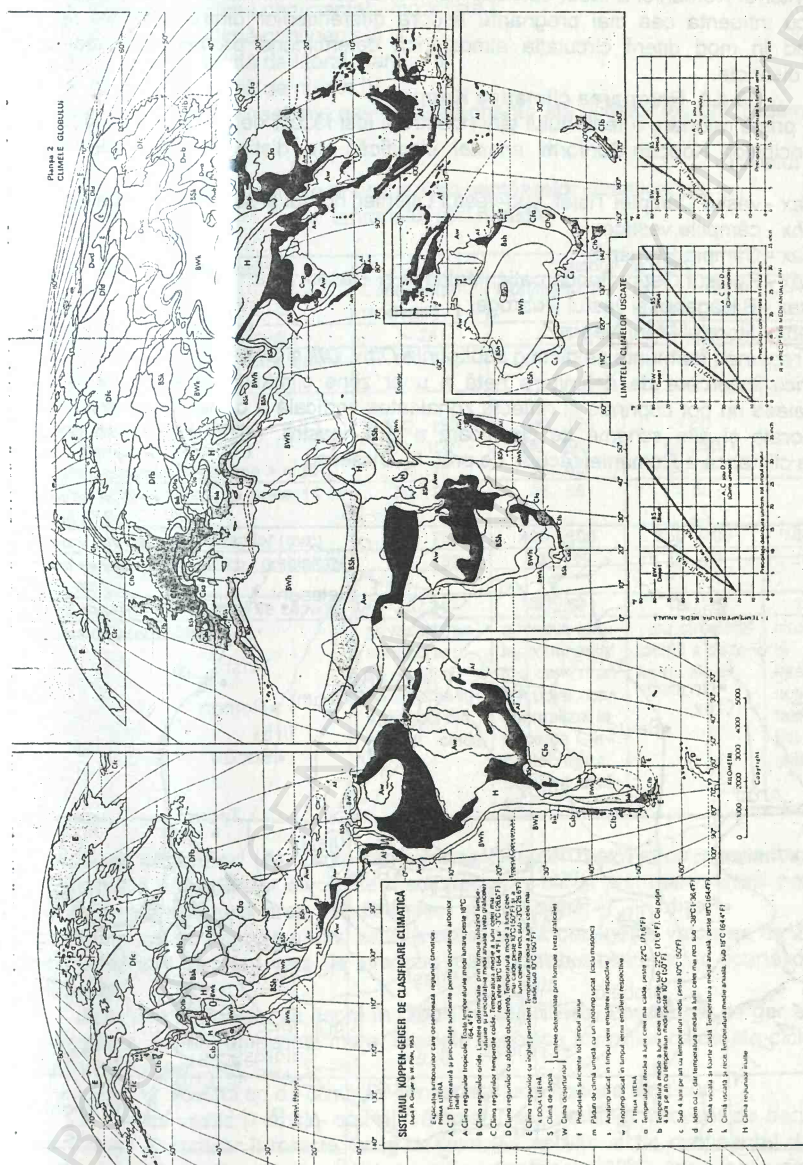


Fig. 130 Sistemul Koppen - Geiger de clasificare climatică

13.4 Raionarea climatică a României

Teritoriul României a făcut obiectul mai multor zonări climatice. Carpații reprezintă factorul cu influența cea mai pregnantă asupra diferențierilor dintre diferitele regiuni, influențând în mod diferit circulația atmosferică determinând pe această cale, zone climatice distincte.

13.4.1 Raionarea climatică Köppen

O primă raionare a teritoriului țării noastre a fost făcută de către C.A. Dissescu pe baza principiilor Köppen. Conform acestei clasificări se disting următoarele regiuni climatice:

Cfax - vestul Câmpiei Tisiei, sud-vestul Olteniei, nordul și sud-vestul Dobrogei;

Cfbx - câmpiile vestice;

Dfax - Câmpia Română;

Dfbx - Podișul Getic, Subcarpatic, Moldova și Transilvania;

Bsax - Bărăganul și vestul Dobrogei;

Babx - litoralul Mării Negre.

În regiunea de munte se disting subtipurile *Dfbx*, *Dfk* și *Dfc*.

Orice încercare de delimitare netă a unor zone climatice este dificilă, întrucât criteriile alese nu pot cuprinde și reflecta zonalitatea verticală a climei. În ultimul timp au fost elaborate și alte scheme de clasificare a țării noastre. În figura 131 se prezintă raionarea climatică a României făcută de prof. C. Dissescu.

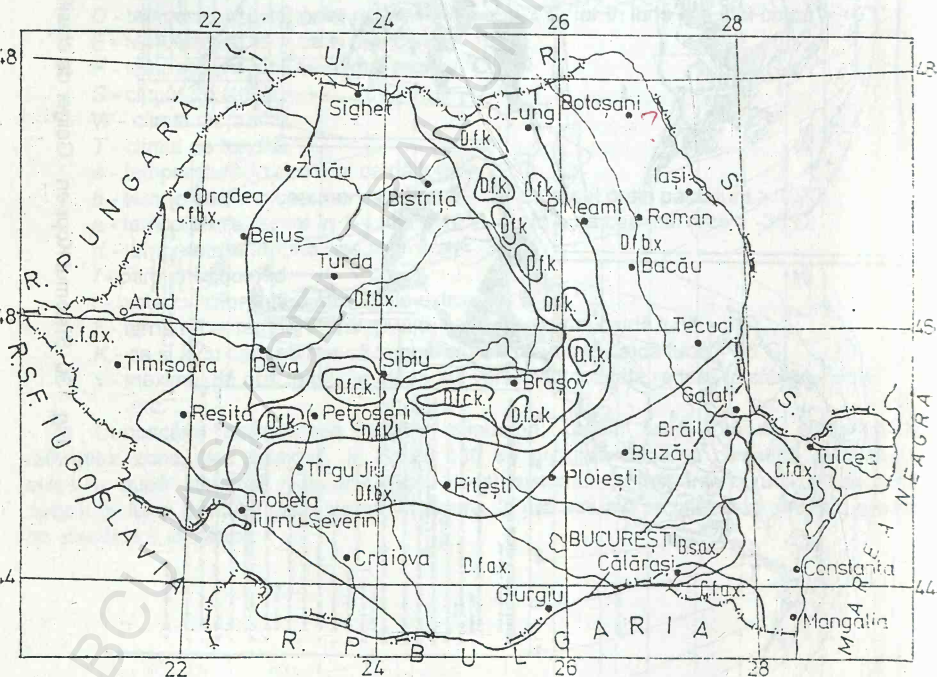


Fig. 131 Raionarea climatică C. Dissescu

13.4.2 Raionarea climatică după St. Stoenescu

Pe baza datelor existente, după o perioadă de măsurători meteorologice, în țara noastră a fost posibilă o nouă zonare bazată pe patru sectoare climatice cărora, convențional, li s-au atribuit următoarele denumiri :

1. Sectorul cu climă continental - moderată I;
2. Sectorul cu climă continentală II;
3. Sectorul cu climă de litoral maritim III;
4. Sectorul cu climă de munte IV.

Pentru a ilustra deosebirile destul de pregnante ale acestor regiuni, redăm mai jos tabelul 12.

Tabelul 12

Caracteristicile principale ale sectoarelor climatice ale teritoriului țării noastre

Caracteristici climatologice	Sectorul de climă			
	Continental moderată I	Continentală II	De litoral maritim III	De munte IV
Amplitudinea anuală a temperaturii	< 24	> 24	< 23	< 18
Amplitudinile medii diurne a temperaturii aerului în luna iulie	10...11	10...12	6...7	3...4
Numărul anual de zile:				
- cu îngheț (temperaturi minime $\leq 0^{\circ}$)	100...150	100...120	< 80	> 200
- de vară (temperaturi $\geq 25^{\circ}$)	80...100	90...125	65...80	-
- tropicale (temperaturi maxime $\geq 30^{\circ}$)	15...35	35...65	6...15	-
Umiditatea relativă medie la orele 14 în luna iulie (%)	50...70	45...55	> 60	> 80
Cantitatea anuală a precipitațiilor (mm)	500...750	400...600	350...400	1000...1500
Numărul anual de zile cu precipitații ($P \geq 0,1$ mm)	115...130	70...115	55...80	150...200
Numărul anual de zile cu strat de zăpadă	25...48	40...50	10...25	100...225
Procese caracteristice	advecția frecventă a aerului maritim polar; iarna invazii reci din NV și calde din SV	advecția aerului continental și a celui maritim polar, continentalizat la trecerea Carpaților, iarna, frecvent crivățul	vara, circulație locală a brizelor de litoral	circulație locală pe pante, intensificarea activității frontale a convecției dinamice și termice

Clima câmpiilor (A). Clima câmpiilor se caracterizează printr-o repartizare destul de uniformă a principalelor elemente meteorologice, cât și prin mari variații periodice și neperiodice ale acestora, proprii sectoarelor I și II de climă.

Temperatura mijlocie a lunii iulie în acest climat depășește valoarea de 20 - 23°C. Precipitațiile cad frecvent vara, la intervale mari, dar abundente și de scurtă durată (tip continental).

Iarna poate fi destul de aspră în raport cu latitudinea. Perioadele de ger alternează cu dezghețul, moina, umezeala mare, aspecte specifice invaziilor calde ale ciclonilor din sud-vestul Europei.

În cadrul acestui tip de climă se deosebesc următoarele subtipuri :

1. *Tinutul vestic (I Aps)* - sau al Câmpiei Tisei, dominat frecvent de aerul maritim polar. Lanțul Carpaților îl ferește iarna de invaziile aerului arctic continental din nord și est. Temperatura mijlocie vara, în luna iulie, depășește 20°C, iar amplitudinile medii anuale ale temperaturii cresc de la 22°C în estul ținutului la peste 23°C în vest. Cantitatea

de precipitații este cuprinsă între 530 mm în partea vestică și 750 mm în cea estică. Precipitațiile cad 115 - 130 zile pe an, fiind mai abundente în mai și iunie.

2. *Tinutul sud-estic (II A)* - cuprinde cea mai mare parte din Câmpia Română și Dobrogea, unde clima temperat-continentală se caracterizează vara printr-un timp senin, uscat și călduros, ca rezultat al continentalizării maselor de aer. Precipitațiile sunt de tip continental, foarte variabile, și mai abundente la începutul verii. Invasiile de aer polar sau arctic pot coborî temperatura aerului până la -10°C sau -20°C . Partea de est a câmpiei este supusă viscolului. În luna ianuarie, zilele cu temperaturi pozitive sunt foarte puține. Vara, regiunea sudică a Câmpiei Române și cea a Dobrogei centrale au cele mai mari valori ale bilanțului radiativ și caloric, cât și ale temperaturii aerului și solului.

3. *Sectorul climei de litoral maritim (III)* - datorită circulației vestice, predominantă pentru țara noastră, influența Mării Negre se resimte numai pe o zonă de 15-25 km de-a lungul litoralului. Vara, în această regiune predomină mișcările descendente ale aerului, cauză care nu permite formarea norilor, reducând în general și regimul precipitațiilor.

Amplitudinea termică anuală nu depășește $22-24^{\circ}\text{C}$. Toamna este aici mai caldă, iar primăvara mai rece decât în câmpie. Deși durata intervalului cald este mai mare ca în câmpie, numărul anual al zilelor excesiv de calde este redus (70-80 zile de vară și circa 10 toride, tropicale). Durata intervalului anual fără îngheț ajunge la 220 - 230 de zile, fiind cel mai mare din tot cuprinsul țării. Precipitațiile sunt variabile și la intervale mari. În anotimpul călduros cad 55% din precipitațiile anuale, iar cantitatea de apă căzută nu depășește 700 mm. Iarna, întreaga regiune este supusă viscoalelor.

4. *Clima dealurilor (B)* - cuprinde cea mai mare parte a teritoriului țării noastre. În această regiune de tranziție între câmpie și munte, clima este moderată, temperatura medie anuală oscilând între 7 și 10°C . Temperatura mijlocie a aerului în luna iulie oscilează între 19 și 20°C . Cantitățile de precipitații variază între 550 și 850 mm. Pe văi, dar mai ales în depresiuni, sunt frecvente iarna înghețurile, ceața și chiciura.

5. *Clima munților (IV)* - lanțul munților Carpați, supus tot timpul anului circulației predominante de vest, datorită particularităților de relief și orientare de pante, cunoaște o repartitie neuniformă și asimetrică a climei pe diferite etaje, pante și sectoare.

În cadrul climei munților deosebim:

- clima munților mijlocii - împăduriți;
- clima munților înalți - cu pajiști alpine.

6. *Clima munților mijlocii favorabilă pădurilor (IV C)* - care cuprinde regiunea dintre 800 - 1900 m în sud și 600 - 1750 m în nordul țării, se caracterizează printr-un regim moderat al oscilațiilor de temperatură. Temperatura medie anuală este întotdeauna pozitivă, iar media lunii iulie oscilează între 10 și 18°C .

Versanții vestici sunt frecvent acoperiți cu nori și înregistrează precipitații abundente și de lungă durată, a căror cantitate anuală oscilează între 900 și 1200 mm. Versanții adăpostiți (cei estici) sunt dominați de un timp frumos, mult influențat și de efectul de foehn. Pantele sudice se caracterizează vara prin timp senin noaptea și dimineața, și noros - cu precipitații uneori abundente - după - amiază. Pe versanții nordici, umbriți, persistă un regim moderat de temperatură.

7. *Clima munților înalți cu pajiști alpine (IV D)* - cuprinde culmile care depășesc 1900 m în sud și 1750 m în nordul țării. Clima este aspră și umedă. Temperatura medie anuală scade sub 0°C . Peste 200 m altitudine, cele mai joase temperaturi medii lunare se produc în februarie, iar cele mai ridicate în august. Temperaturile minime absolute coboară sub -25°C (Vârful Omul $-38,0^{\circ}\text{C}$ în februarie 1929). Vântul predomină din vest și nord - vest și poate atinge $40 - 45 \text{ m.s}^{-1}$.

Aici se formează norii orografici (de relief), astfel că 250 - 300 de zile pe an munții sunt acoperiți cu ceață sau cu nori. Cantitatea anuală de precipitații depășește 1200 mm, iar în Carpații Meridionali și Masivul Rodnei, chiar 1400 mm. Solul se află acoperit cu zăpadă 180 - 220 de zile pe an.

Harta din figura 132 prezintă această zonare climatică, conținută și în monografia geografică a țării, ediția 1960.

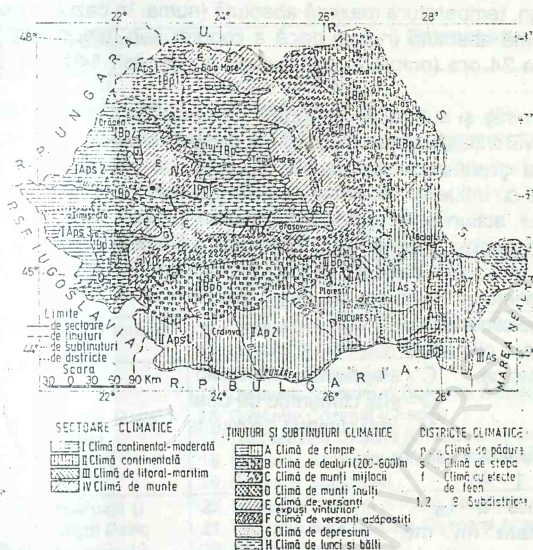


Fig. 132 Raionarea climatică a României după sistemul Stoenescu

13.4.4 Regionarea climatică după Atlasul geografic al României - 1977

În clasificarea climatelor după Atlasul geografic s-a avut în vedere influența accentuată a reliefului astfel încât a fost posibilă întocmirea unei hărți topoclimatice. Autorii utilizează noțiuni ca: *topoclimatul complex* și *topoclimatul elementar* pe care le caracterizează cu ajutorul unor indici calitativi și cantitativi. Astfel harta topoclimatică (figura 133) distinge următoarele unități de clasificare :

Etaje climatice

- De munte :**
- Subetajul munților înalți (1700-1900 ... 2500 m).
 - Subetajul munților mijlocii și scunzi (800-1900 m).
- De deal :**
- Subetajul dealurilor și podișurilor înalte (500 - 800 m).
 - Subetajul dealurilor și podișurilor joase (200 - 500 m).
- De câmpie :**
- Cu caracter umed.
 - Cu caracter moderat.
 - Cu caracter uscat.
 - De litoral

Topoclimate complexe

- 1 - 28 - De munte
- 29 - 54 - De deal și podiș
- 55 - 71 - De câmpie
- 72 - 74 - De litoral

Topoclimate elementare (notate prin semne convenționale) : de vale și de luncă, de culoar și defileu, de iac, de crovuri, de dune, de abrupturi, de pădure, de culmi (a - muntoase; b - deluroase), de versanți cu expunere nordică și sudică, de versanți cu expunere vestică și estică, de depresiune.

Elemente și fenomene climatice (notate prin semne convenționale) :
 inversiuni de temperatură (a - slabe; b - intense), canalizări - scurgeri de aer, secetă, două maxime de precipitații, viscole, înzăpeziri, vânturi locale (a - calde, b - reci; c - umede; d - uscate), foehn, temperatura maximă absolută (numai în cazul în care a depășit 38°C), temperatura minimă absolută (numai dacă a coborât sub minus 28°C), cantitatea maximă de precipitații în 24 ore (numai în cazul când au depășit 140 mm) și centre cu potențial de poluare.

Multitudinea de unități și subunități teritoriale climatice care sunt redată amănunțit în harta topoclimatică evidențiază marea varietate a climei României, intens diferențiată, în primul rând, de relief și de circulația aerului și, apoi, de celelalte componente ale peisajului geografic local cu influență modificatoare asupra elementelor climatice (formațiuni vegetale, bazine acvatice, acțiunea antropică directă sau indirectă etc.)

13.4.4 Propuneri pentru o nouă hartă climatică a României - Marcu, M. 1993

S-a ținut cont în mai mare măsură de factorii climatogeni, energetici și dinamici precum și de acțiunea reliefului. Harta are ca unități taxonomice :

- sectoarele climatice: I, II, III
- subsectoare climatice: I', I'', II', II''
- etaje climatice: C - etaj climatic de câmp
D - etaj climatic de deal
M - etaj climatic de munte
- ținuturi climatice : a - K
- districte : 1 - 46
- topoclimate : $t_1 - t_{26}$
- microclimate : $m_1 - m_{12}$

Toate acestea sunt sintetizate într-o formulă. Pentru o utilizare efectivă se prezintă anexele la harta topoclimatică a României (I, IV)

Anexa I

Harta climatică a României UNITATI TAXONOMICE ZONALITATEA "ORIZONTALA" (Latitudinală)

- Zona climatică : temperată
- Provincia (regiunea) climatică : continentală
- Sectoare și subsectoare climatice (I, II, III)

ETAJAREA ALTITUDINALA SI COMPARTIMENTAREA EI TERITORIALA

Etaje și subetaje climatice	Simboluri	Correspondența cu notațiile tipologiei staționale forestiere
- Etajul de câmpie (0-200 m)	C	
- Etajul dealurilor (200-800 (700 m)	D	D
- Joase (200-400 m)	D ₁	FD ₃
- Mijlocii (400-600 m)	D ₂	FD ₂
- Înalte (600-800 (700 m)	D ₃	FD ₁
- Etajul montan (800-1800) (700-1700 m)	M	FM
- Inferior (800-1000 m) (700-900 m)	M ₁	FM ₁
- Mijlociu (1000-1500m) (900-1300 m)	M ₂	FM ₂
- Superior (1500-1800 m)(1300 -1600 m)	M ₃	FM ₃
- Etajul alpin (1800-2500 m) (> 1600 m)	A	-
- Subalpin (1800-2200 m)(1600-2000 m)	S _a	S _a
- Alpin (> 2200 m) (> 2000 m)	A	

- Ținuturi climatice (a . . . 1) Anexa II
- Subținuturi climatice (s, sp, p)
- Districte (subdistricte) climatice (1 . . . 46) Anexa II
- Topoclimate ($t_1 . . . t_{26}$) Anexa III
- Microclimate ($m_1 . . . m_{12}$) Anexa III

Harta climatică a României
TINUTURI SI DISTRICTE CLIMATICE, PE ETAJE

Etaje climatice	Tinuturi climatice	Districte climatice
Etajul climatic de câmpie (0-200 m)	a. Câmpia de Vest	1. Câmpia Someșului 2. Câmpia Crișurilor 3. Câmpia Banatului
	b. Câmpia Română	4. Câmpia de Terase ale Dunării 5. Câmpia Olteniei (Blahniței, Băileștilor și Romanaiilor) 6. Câmpia Munteniei de Vest 7. Câmpia Bărăganului de Vest 8. Câmpia Bărăganului de Est 9. Câmpia Piemontană de la Curbura Carpaților 10. Câmpia Siretului Inferior 11. Câmpia Covurluiului
	c. Podișul Dobrogei	12. Podișul Dobrogei Centrale și de Sud 13. Litoralul și Delta Dunării
Etajul climatic de deal (200-800 m)	d. Dealurile Banato Crișene	14. Dealurile Oașului 15. Dealurile Silvaniei și Dealurile Someșene 16. Dealurile Crișanei (Oradei) 17. Depresiunile Crișene (D. Vadului și Beiușului) 18. Dealurile Banatului și Culoarul Mureșului 19. Dealurile Buziașului
	e. Subcarpații și Podișul Getic	20. Podișul Mehedinți și Platforma Strehaiei 21. Dealurile Subcarpatice Oltenie și Argeșene 22. Podișul Getic
	f. Subcarpații și Podișul Moldovei	23. Podișul Sucevei 24. Câmpia Moldovei 25. Culoarul Siretului 26. Dealurile Subcarpaților Moldovei 27. Depresiunile Subcarpaților Moldovei 28. Dealurile Subcarpaților de la Curbură 29. Depresiunile Subcarpaților de la Curbură 30. Podișul Bârladului și Dealurile Fălciului
	g. Dealurile (Munții) Dobrogei	31. Dealurile (Munții) Dobrogei de Nord
	h. Depresiunea Transilvaniei	32. Podișul Someșan 33. "Câmpia" Transilvaniei 34. Podișul Târnavelor și Hâtibaciului 35. Culoarul Turda - Alba Iulia 36. Podișul Secașelor 37. Depresiunile de contact din Sudul și SE Transilvaniei
	i. Carpații Occidentali	38. Munții Banatului inclusiv Depresiunile aferente 39. Munții Apuseni inclusiv Depresiunile: Câmpeni, Bistra, Abrudului, Albacului, Zlatnei și Depresiunea Brad
Etajul climatic de munte (> 800 m)	j. Carpații Orientali	40. Carpații Maramureșului și Bucovinei (inclusiv depresiunile aferente) 41. Carpații Moldavo-Transilvăneni (grupa centrală) inclusiv depresiunile și culoarele depresiunare 42. Carpații de la Curbură și subunitățile depresiunare
	k. Carpații Meridionali	43. Munții Bucegi, Piatra Craiului, Leaota 44. Munții Făgăraș - Iezer și Depresiunile de contact cu Subcarpații, Depresiunea Loviștei și Defileul Oltului 45. Munții Parâng - Cindrel și Depresiunea Petroșani, Defileul Jiului 46. Munții Godeanu (Tarcu, Retezat, Vâlcău, Mehedinți, Cernei), Depresiunea Hateg, Dealurile Hunedoarei și Culoarul Orăștiei.

DENUMIRILE SI SIMBOLURILE PRINCIPALELOR TIPURI DE TOPOCLIMATE SI MICROCLIMATE DIN TARA NOASTRA Anexa III

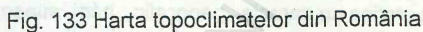
Topoclimate	
t ₁ - Vale și luncă	t ₁₄ - Culmi și creste montane
t ₂ - Lacuri si bălți	t ₁₅ - Depresiuni intramontane
t ₃ - Grinduri	t ₁₆ - Comartiment depresionar
t ₄ - Terasă	t ₁₇ - Versanți montani
t ₅ - Sesuri (câmpuri)	t ₁₈ - Sector (altitudinal) de versant inferior
t ₆ - Dune	t ₁₉ - Sector (altitudinal) de versant mijlociu
t ₇ - Crovuri	t ₂₀ - Sector (altitudinal) de versant superior
t ₈ - Piemonturi	t ₂₁ - Vale largă
t ₉ - Versanți deluroși	t ₂₂ - Vale îngustă
t ₁₀ - Culmi deluroase late	t ₂₃ - Defileu, chei
t ₁₁ - Culmi deluroase înguste	t ₂₄ - Culoar intramontan
t ₁₂ - Depresiuni intradeluroase	t ₂₅ - Circuri glaciare
t ₁₃ - Ses depresionar	t ₂₆ - Culme principală

Microclimate			
m ₁	Suprafețe (agricole) fără vegetație	m ₇	Suprafețe erodate, degradate, fără vegetație
m ₂	Culturi agricole	m ₈	Așezări rurale
m ₃	Păduri	m ₉	Așezări urbane
m ₄	Desișuri de arbuști	m ₁₀	Rariști presubalpine
m ₅	Pășuni, fânețe, pajiști (diverse asociații vegetale, naturale sau artificiale)	m ₁₁	Asociații subalpine de arbuști
m ₆	Goluri de pădure (ochiuri, poieni, parchete etc.)	m ₁₂	Suprafețe de dezagregare

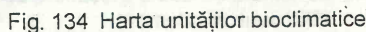
VALORILE PRINCIPALILOR GRADIENTI CLIMATICI ALTITUDINALI

Anexa IV

Denumirea parametrilor climatici		Valorile gradientilor altitudinali	
		In stratul de inversiune (150 - 200 m)	Deasupra stratului de inversiune
1	Temperatura medie anuală (°C)	+0,1°C/100 m	-0,55°C/100 m
2	Temperatura medie a lunii ianuarie :		
	a. în marile depresiuni intramontane (Brașov, Ciuc, Giurgiu etc.)	+0,9° ... +0,7°/100 m	-0,4°C/100 m
	b. în depresiuni intramontane și intradeluroase mai mici și în văile cu circulație atmosferică slabă	+0,5°C/100 m	-0,3°C/100 m
	c. gradient general (mediu) valabil și pentru regiunile extracarpătice de piemont și dealuri joase	-0,2° -0,4°/100m	
3	Media anuală a temperaturii minime zilnice	+1,0°/100 m	-0,58°/100 m
4	Media minimelor zilnice din luna ianuarie	+1,0°/100 m	-0,4°/100 m
5	Numărul mediu anual al zilelor de îngheț (t _{min} <0°C)	-9 zile/100 m	+10 zile/100 m
6	Temperatura medie a lunii iulie	-0,6 -0,7°/100 m	
7	Media anuală a temperaturilor maxime zilnice	- 0,7°/100 m	
8	Media maximelor zilnice din luna iulie	- 0,8°/100 m	
9	Temperatura maximă absolută	- 0,75°/100 m	
10	Data medie a ultimilor înghețuri de primăvară (întârzie altitudinal cu ...)	5 zile/100 m	
11	Data medie a primelor înghețuri de toamnă (coboară altitudinal cu ...)	3 zile/100 m	
12	Cantitatea anuală de precipitații (mm)	+ 40 + 50 l/100 m	
13	Numărul mediu anual de zile cu precipitații	între 500-2500 m = +2,2 zile/100 m între 0-500 m = + 3 zile/100 m	
14	Durata anuală a stratului de zăpadă	+ 8 +10 zile/100 m	
15	Durata anuală a insolației	- 24 ore/100 m	
16	Durata sezonului de vegetație	- 4 zile/100 m	



În mod curent în cercetarea stațională românească se utilizează unități cu caracter bioclimatic (zone, subzone, etaje de vegetație). Harta acestora se prezintă în figura 134.



14. UTILIZAREA INFORMATIILOR METEOROLOGICE IN LUCRARILE TEHNICE SI BIOLOGICE DIN SILVICULTURA

14.1 Obținerea informațiilor climatice

În toate lucrările cu caracter silvobiologic (studii cercetare, studii de impact) și silvotehnice (studii de fezabilitate, proiecte de amenajament, lucrări de îngrijire, de exploatare-regenerare, de corecție a torenților, de construcții etc.), este necesar să se poarte de la cunoașterea regimului factorilor meteorologici. Aceasta, pentru că atât procesele biologice cât și lucrările tehnice sunt supuse influenței continue a acestor factori. Pentru unele proiecte sunt suficiente date referitoare la un singur parametru meteorologic (de exemplu - precipitații) și cu valori lunare sau anuale, în timp ce pentru altele sunt necesare regimuri de variație pentru o multitudine de factori (studii de procese biologice, studii de impact).

În aceste condiții sursele de informație meteorologică pot fi :

14.1.1. Informații provenite din rețeaua meteorologică

- stațiile meteorologice din rețeaua I.N.M.H. (Institutul Național de Meteorologie și Hidrologie)

- surse bibliografice publicate de I.N.M.H. : atlase, anuare, lucrări de specialitate
- surse bibliografice cu caracter geografic : hărți, atlase, lucrări de specialitate
- surse bibliografice cu caracter silvologic și ecologic (studii, lucrări de cercetare de specialitate etc.)
- alte surse bibliografice.

Un exemplu de utilizare a datelor din rețea pentru stabilirea perioadei de producere a deshidratărilor de iarnă din primăvara 1989 se prezintă în figura 135.

Prin analiza perioadelor s-a ajuns la concluzia că pe fondul unei debilitări produse prin înghețuri timpurii, fenomenul s-a declanșat în perioada 20 ianuarie - 15 februarie.

14.1.2 Informații din experimente organizate :

- staționarele cu caracter permanent amplasate în conformitate cu protocoalele de desfășurare a experimentelor, întocmite în raport cu scopul cercetărilor, aspectele de cercetat și posibilitățile de prelucrare a datelor

- cercetări pe itinerar (expediții meteorologice) al căror program este prestabilit în raport cu o metodică întocmită anterior.

Cercetările pot fi simple - în cazul în care se utilizează un singur instrument, sau complexe, având instalații integrate cu senzori, colectori de date, instalații de transmitere și recepție a informațiilor precum și calculatoare electronice. Un exemplu de amenajare experimentală complexă se prezintă în figura 136, o stație bioclimatică de urmărire a parametrilor *microclimatici* (temperatura și umezeala aerului, precipitații, durata de strălucire a soarelui, intensitatea luminii, radiația globală și efectivă, viteza și direcția vântului, înălțimea stratului de zăpadă, nebulozitatea și presiunea atmosferică) și *fiziologici* cu ajutorul instalației URAS. Această stație studiază o varietate mare de condiții de vegetație, de la ochiuri împădurite, până la arborete mature.

Pentru studiul variațiilor climatice la nivelul unui arbore de molid, în fig. 137 se prezintă modul de amplasare a instrumentelor meteorologice. Datele de la instrumente sunt direct transmise prin cablu la aparatele înregistratoare aflate într-o cabină sau într-un autolaborator.

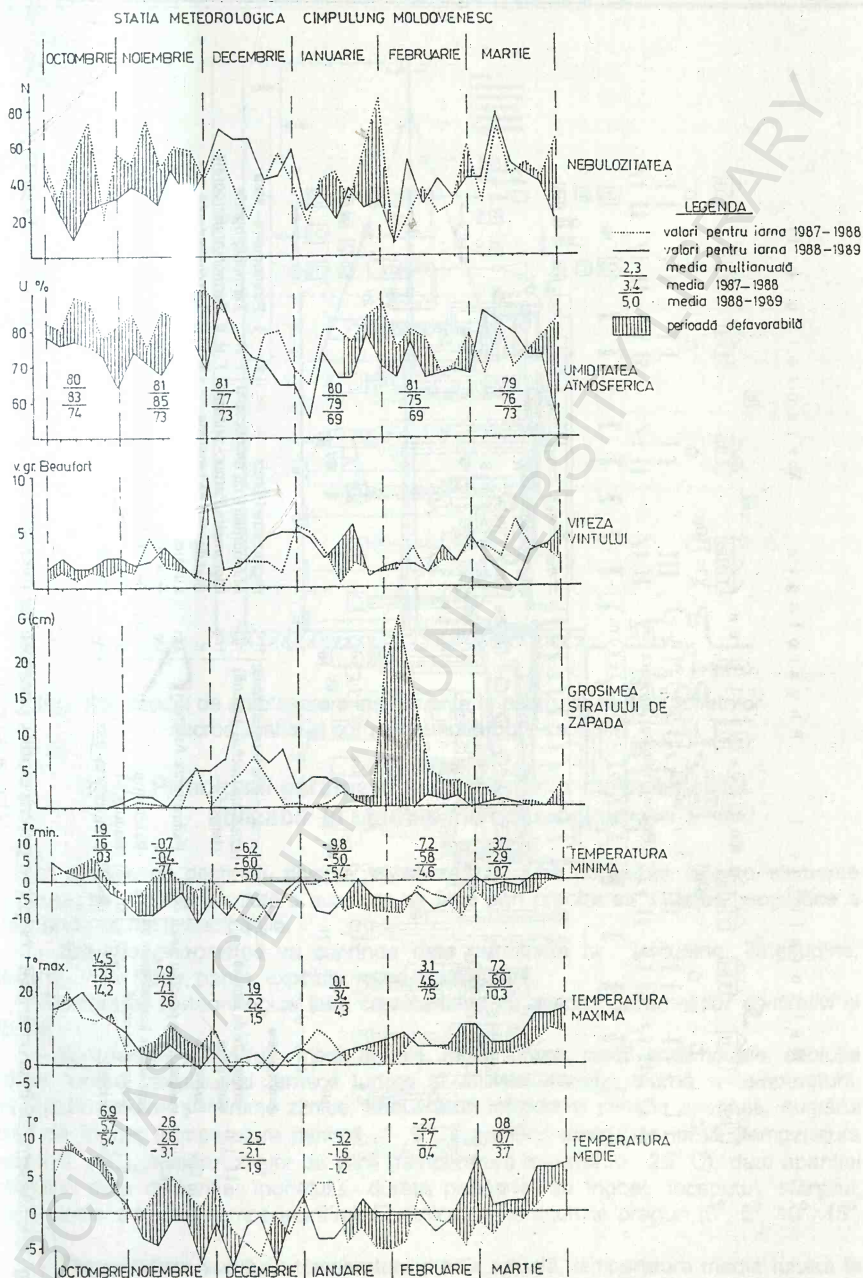


Fig. 135 Analiza factorilor meteorologici (abateri de la medii) pentru determinarea perioadelor de producere a deshidratărilor de iarnă semnalate la puiți de molid în anul 1989

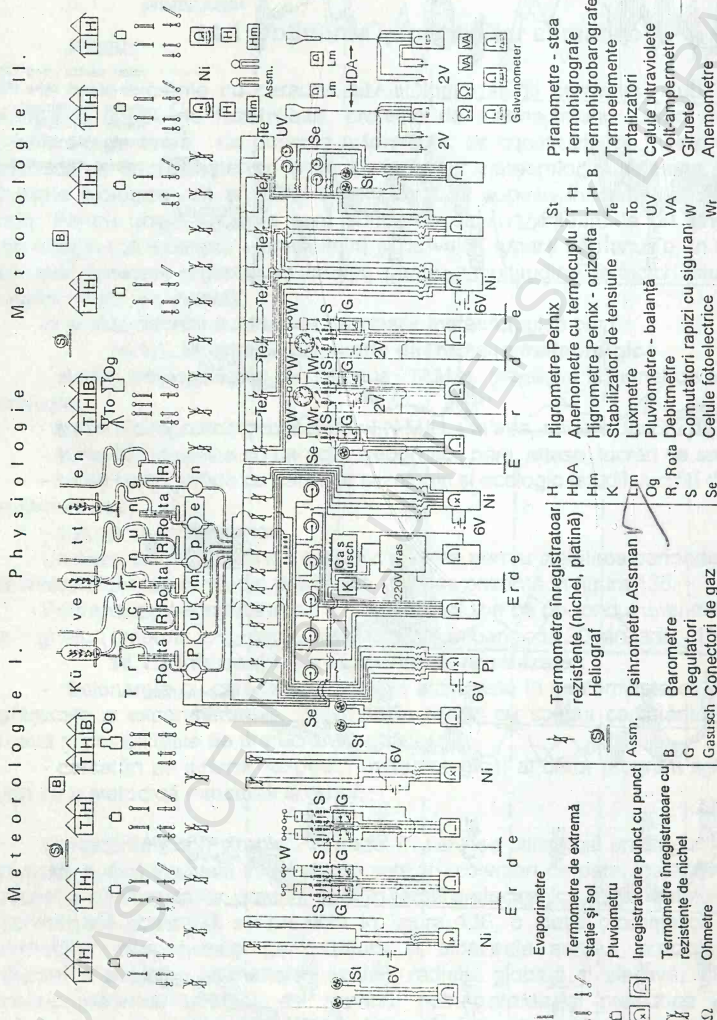


Fig. 136 Amenajări instrumentale complexe pentru studiul parametrilor microclimatici și fiziologici în păduri de limită (Alpii austrieci)

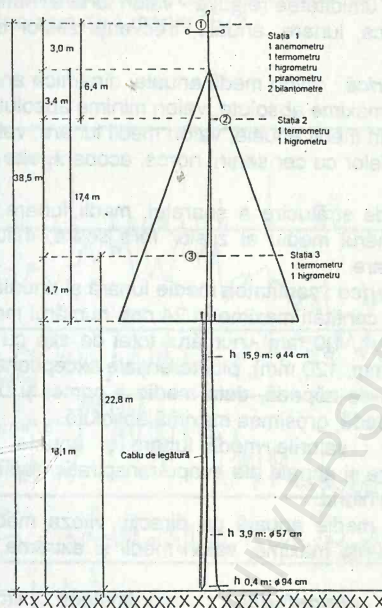


Fig. 137 Modul de amplasare a instrumentelor pentru studiul parametrilor microclimatici ai coroanei unui arbore de molid

14. 2 Principalii parametri ai elementelor meteorologiei utilizabili în studiile silvoecologice

În studiile cu destinații diverse se utilizează, după necesități, diferite elemente meteorologice. *Relația spațială* a acestora se face prin precizarea situației geografice a locului unde se fac investigațiile.

- **Situația geografică** va cuprinde date referitoare la : latitudine, longitudine, altitudine, limite fizice, pante, expoziții, rețea hidrografică.

Elementele meteorologice sunt caracterizate cu ajutorul *parametrilor cantitativi și calitativi*.

- **Temperatura aerului** : medii anuale, medii lunare, medii anotimpuale, evoluția mediilor lunare, amplitudini termice lunare și anuale, variația diurnă a temperaturii, temperaturi maxime și minime zilnice, temperaturi maxime și minime absolute, numărul zilelor de îngheț (temperatura minimă $\leq 0^{\circ}\text{C}$), numărul zilelor de iarnă (temperatura maximă $\leq 0^{\circ}\text{C}$), numărul zilelor de vară (temperatura maximă $\geq 25^{\circ}\text{C}$), data apariției înghețului, data dispariției înghețului, durata perioadei de îngheț, începutul, sfârșitul, durata medie a trecerii temperaturii medii zilnice peste anumite praguri (0° , 5° , 10° , 15° , 18° , 20°).

- **Temperatura solului** : temperatura medie anuală, temperatura medie lunară la diferite adâncimi, valori maxime și minime, amplitudini termice, adâncime de îngheț, începutul perioadei de îngheț, sfârșitul perioadei de îngheț, durata perioadei cu îngheț în sol.

- **Umiditatea aerului** : tensiunea vaporilor de apă - valoare medie anuală, valori lunare, deficitul de saturație, umiditatea relativă - valori lunare, ritmuri zilnice, valori medii și extreme, amplitudini zilnice, lunare, anuale, frecvența zilelor cu anumite praguri de umiditate ($\geq 80\%$, $\leq 30\%$).

- **Presiunea atmosferică** : valori medii anuale, dinamica anuală a presiunii, valori extreme, amplitudini - valori maxime absolute, valori minime absolute.

- **Nebulozitatea** : valori medii anuale, valori medii lunare, valori medii zilnice, valori medii orare, frecvențe ale zilelor cu cer senin, noros, acoperit, alte observații cu privire la forma și originea norilor.

- **Insolația** : durata de strălucire a soarelui, medii lunare, anuale, procente din durata maxim posibilă, numărul mediu al zilelor fără soare, influența reliefului asupra insolației, regimul luminii solare.

- **Precipitații atmosferice** : cantitatea medie lunară și anuală, valori maxime, valori minime, amplitudini anuale, cantități maxime în 24 ore, numărul mediu de zile cu cantități peste diferite praguri (0,1 mm, 1,0 mm), numărul total de zile cu cantități peste diferite praguri (30 mm, 60 mm, 90 mm, 120 mm), ploi torențiale excepționale, frecvența zilelor cu ninsoare, grosimea stratului de zăpadă, data medie a primei și ultimei ninsori, numărul mediu de zile cu strat de zăpadă, grosimea maximă absolută.

- **Evapotranspirația** : valorile medii lunare și anuale, ale evapotranspirației potențiale, valori medii lunare și anuale ale evapotranspirației reale, elementele bilanțului hidric, excedentul și deficitul hidric.

- **Vântul** : frecvența medie anuală pe direcții, viteza medie pe direcții, regimul eolian lunar și anual, frecvențe maxime, valori medii și extreme, orare, zilnice, lunare, anuale.

- **Alte fenomene atmosferice** : hidrometeori, litometeori, fotometeori, electrometeori, frecvența manifestării lor.

- **Observații fenologice** : durata fazelor fenologice, durate interfaze, data declanșării fenofazelor, gradienti fenologici, lungimea sezonului de vegetație.

14. 3 Analiza cantitativă a informațiilor meteorologice și climatice

Cel mai des utilizat instrument în stabilirea diferitelor legături ce pune în legătură variațiile unei mărimi în raport cu alta, îl constituie **analiza bidimensională**. Această modalitate utilizează în general două variabile (proprietăți fizice, parametri) care își schimbă valorile simultan (exemplu : scăderea temperaturii în raport cu altitudinea, în care se poate afirma că temperatura este funcție de altitudine; variația lor simultană este sistematică existând o relație matematică între cele două variabile).

De obicei în analiza bidimensională, unei variabile i se atribuie rolul de cauză iar celelalte, rolul de efect. Cauza este desemnată de obicei ca variabilă independentă (X) efectul ca variabilă dependentă (Y). Procedeu de stabilire a relației care există între cele două variabile poartă numele de **analiza regresiei**, ecuația determinată pe această cale numindu-se generic, **model matematic**.

În majoritatea relațiilor bidimensionale rolul variabile independente este jucat de către **time** de obicei reprezentat pe axa orizontală a diagramelor. Timeului i se acordă în mod arbitrar o valoare 0 în originea axelor de coordonate. În diferitele tipuri de reprezentări climatice timeul este prezentat la nivel de ore, pentru dinamici diurne, zile pentru dinamici lunare și luni pentru dinamici anuale. În figura x se prezintă variațiile în time ale principalilor parametri meteorologici în perioada martie 1979 - martie 1980 pentru un staționar ecologic din centrul Germaniei. Variabilele dependente sunt : cantitatea de precipitații, temperatura medie zilnică a aerului, umiditatea relativă, radiația efectivă,

viteza vântului și evapotranspirația reală. Variabila independentă - timpul, reprezentată în zile are ca punct de origine ziua de 1 martie 1979.

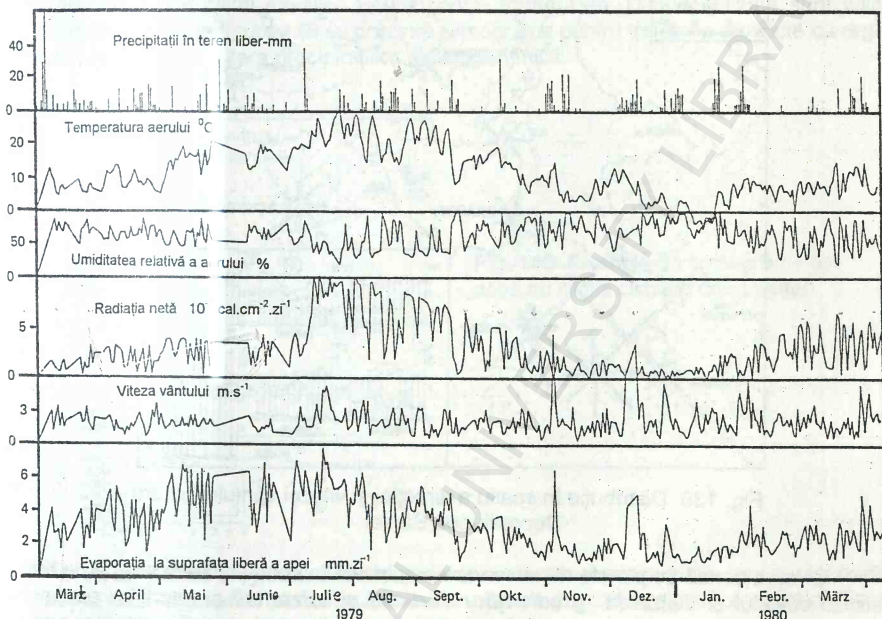


Fig. 138 Regimul lunar al principalelor elemente meteorologice cu influență directă asupra vegetației forestiere

Dacă timpul acoperă o perioadă de numai un an, valorile medii reprezintă mărimi dependente obținute din suprapunerea mai multor cicluri anuale. O relație ciclică necesită aplicarea unor metode specifice de analiză, din domeniul *mișcării armonice simple*. Curbele ce reproduc această mișcare pot reprezenta foarte bine mersul anual al radiației solare, a temperaturii aerului, al precipitațiilor etc. De cele mai multe ori între două mărimi meteorologice se stabilesc relații bidimensionale fără a se determina cu precizie un raport de tipul *cauză : efect*. Legătura dintre două mărimi se studiază prin *analiza corelației*. Aceasta reprezintă una din metodele cele mai utilizate în statistica matematică. În prezent se dispune de programe extrem de performante ce permit analize statistice rapide și precise cu ajutorul calculatoarelor personale. Cu titlu de exemplu se dă programul Excel sub Windows. În cazul în care în analiza parametrilor meteorologici intervine și *spațiul* este necesar a se dispune de informații provenite de la o rețea destul de deasă de stații și posturi meteorologice. În acest caz trebuie să se facă apel la *analiza varianței*. În figura 139 se prezintă distribuția în spațiu a direcției și vitezei vântului pentru Depresiunea Bârsei.

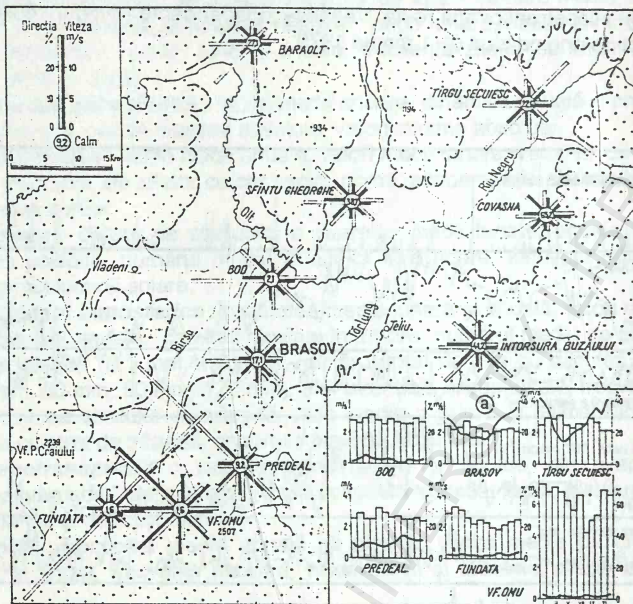


Fig. 139 Distribuția în spațiu a direcției și vitezei vântului pentru Depresiunea Bârsănei

O rețea densă de puncte de observare amplasată în condiții caracteristice de relief permite calculul și utilizarea **gradientilor verticali și orizontali** ai diferiților parametri meteorologici. Alte metode de analiză cantitativă care țin cont de influența mai multor factori, sunt **metodele grafice**. În aceste reprezentări, în funcție de valorile luate de parametri supuși analizei se pot utiliza scări aritmetice și scări logaritmice (cu raport constant). Combinațiile dintre cele două scări permit reprezentarea modelelor matematice simple : aritmetic, exponențial, logaritmice, de putere. Aceste modele se aleg în raport cu șirurile de valori obținute prin observațiile meteorologice. Metodele de analiză permit alegerea tipului de ecuație ce exprimă cel mai bine elementele luate în studiu. Modul de organizare și conducere a experimentelor va fi studiat mai în detaliu în cadrul Biostatisticii forestiere.

14.4 Prezentarea informațiilor meteorologice și climatice

În funcție de gradul de prelucrare, informațiile cu caracter meteorologic și climatic pot fi prezentate sub diferite forme :

- tabele cu o singură intrare (simple);
- tabele cu mai multe intrări (mai multe variabile dependente);
- grafice și diagrame care după formă pot fi : lineare, areale, volumetrice, figuri sugestive și după valoarea lor metodică și științifică se clasifică în : grafice de comparație, de corelație și de calcul grafic (nomograme);
- ecuații și modele matematice : de la ecuații lineare până la modele complexe.

14.4.1 Diagrame climatice

Cele mai utilizate diagrame climatice folosesc informații referitoare la temperatura aerului și cantitatea de precipitații. O astfel de prezentare o constituie diagrama cu termohiete (climogramă). Aceasta ia în considerare valorile medii lunare ale temperaturii aerului și ale precipitațiilor, reprezentate combinat pentru fiecare lună. Lunile sunt legate prin linii ce indică ciclul mediilor lunare pentru întregul an. Datele utilizate sunt valori medii multianuale. În figura 140 se prezintă climograme pentru trei zone distincte cu regim climatic continental. Scara precipitațiilor este logaritmică.

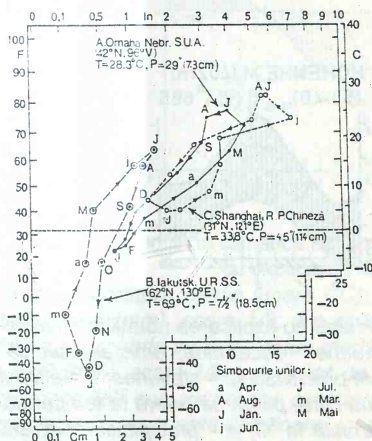


Fig. 140 Exemple de climograme din zone cu regim climatic continental

Un alt gen de diagramă climatică ia în considerare și principalele configurații barice ce acționează în anumite perioade ale anului precum și poziția relativă a soarelui (figura 141).

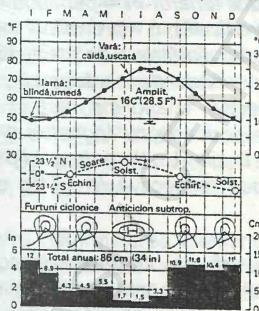


Fig. 141 Diagramă climatică pentru localitatea Napoli - Italia

Diagrama este caracteristică pentru clima mediteraneană cu vară caldă și amplitudine termică moderată (16°C). Precipitațiile reprezintă o cantitate destul de însemnată (860 mm) cu minim în lunile iulie și iunie - 15 respectiv 17 mm.

O diagramă utilizată pe scară largă în analiză implicațiilor factorului climatic în răspândirea vegetației, este *diagrama Walter*. În 1967 s-a publicat un atlas cu asemenea diagrame pentru circa 8.000 de stații meteorologice situate pe întreaga suprafață terestră, ce a contribuit la explicarea legilor distribuției vegetației pe Terra. În figura 142 se prezintă patru climadiagrame Walter pentru stații meteorologice situate în regimuri climatice diferite. De asemenea se prezintă și modul de utilizare a informațiilor în aceste diagrame.

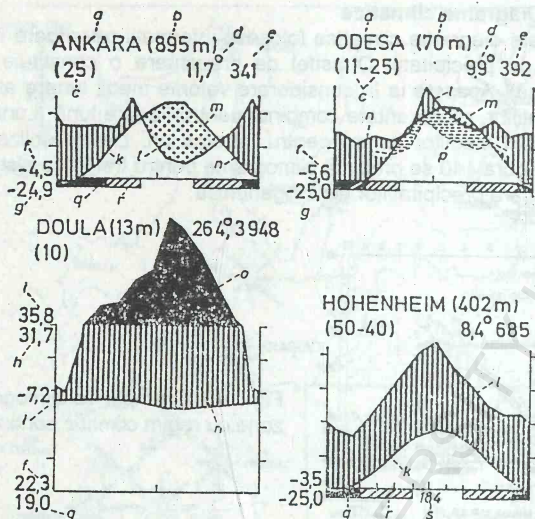


Fig. 142 Diagrame climatice tip Walter cu explicarea notațiilor utilizate :

[Abscisa : lunile (emisfera nordică ianuarie - decembrie, emisfera sudică iulie - iunie); Ordonata : o diviziune = 10°C sau 20 mm precipitații; a = stațiunea; b = altitudinea; c = numărul anilor de observație (când sunt două cifre, prima se referă la temperaturi iar a doua la precipitații); d = temperatura medie anuală în $^{\circ}\text{C}$; e = precipitații medii anuale în mm; f = media zilnică a temperaturilor minime ale lunii celei mai reci; g = temperatura minimă zilnică a temperaturilor maxime ale lunii celei mai calde; i = temperatura maximă absolută; j = amplitudinea zilnică medie a temperaturilor; k = curba temperaturilor medii lunare; l = curba precipitațiilor medii lunare; m = perioada relativă de secetă (punctat); n = perioadă relativ umedă (hașură verticală); o = precipitații medii lunare peste 100 mm (în negru, scara redusă la 1/10); p = curba ajutoare de precipitații ($10^{\circ}\text{C} = 30 \text{ mm}$) și deasupra (hașură orizontală întreruptă) perioada de uscăciune; q = luni cu media temperaturilor minime zilnice sub 0°C (în negru) = anotimp rece; r = luni cu temperatura minimă absolută 0°C (hașură oblică) = perioada cu înghețuri timpurii sau târzii; s = durata medie a perioadei lipsite de îngheț - în zile. Unele date pot lipsi, în cazul când nu există valori corespunzătoare de la stațiunea respectivă (h - j se dau numai pentru climatele nictemerale).]

În cercetarea stațională forestieră din țara noastră, se utilizează climadiagramele prof. C.D. Chiriță. În figura 143 se prezintă diagrama climatică pentru stația Craiova.

Acest tip de diagrame este recomandat a se utiliza în caracterizarea climatului districtual, întrucât permite o apreciere mai corectă și mai completă a rezultantei factorilor climatici asupra vegetației. Spre deosebire de climadiagramele Walter, climadiagramele prof. C.D. Chiriță pun un accent mai mare pe bilanțul hidric, considerându-se că acesta poate reflecta cantitatea de apă pusă la dispoziția plantelor.

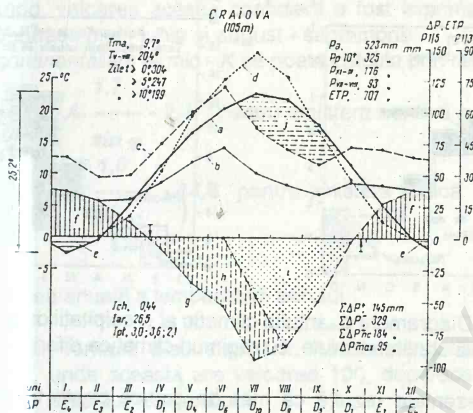


Fig. 143 Diagrama climatică tip prof. C.D. Chiriță pentru stația Craiova cu explicarea notațiilor folosite :

(a = temperatura medie lunară ($^{\circ}\text{C}$); b = precipitații lunare (mm), scara 1/5; c = precipitații lunare (mm), scara 1/3; d = evapotranspirația potențială (ETP) lunară (mm), scara 1/5; e = perioada cu temperaturi medii lunare negative; f = excedente de precipitații față de ETP (mm), scara 1/5; g = deficit de precipitații față de ETP (mm), scara 1/5; h = deficit de precipitații compensat prin excedente acumulate anterior; i = deficit de precipitații necompensat prin excedente anterioare; j = perioadă de uscăciune după Walter - Lieth; $\uparrow\downarrow$ = prima și ultima zi de îngheț; T_m a = temperatura medie anuală; TV-VIII = temperatura medie a lunilor mai - august (tetraeterma Mayr); P_a = suma anuală a precipitațiilor; P_{p-10^+} = suma precipitațiilor din perioada cu $t \geq 10^{\circ}\text{C}$; P_{XI-III} = suma precipitațiilor de încărcare a solului în lunile noiembrie - martie; $P_{VII-VIII}$ = suma precipitațiilor estivale din lunile iulie și august; $\Sigma \Delta P^+$ = suma excedentelor de precipitații față de ETP; $\Sigma \Delta P^-$ = suma deficitelor de precipitații față de ETP; ΣP_{nc} = suma deficitelor de precipitații necompensate prin excedente anterioare; ΔP_{max} = deficitul lunar maxim de precipitații față de ETP; Iar = indicele de ariditate anual; Ich = indicele de compensarea hidrică = $\Sigma \Delta P^+ / \Sigma \Delta P^-$; Ipt = indicele pluviotermic al perioadei cu $t_m \geq 10^{\circ}\text{C}$, verna 1 și estival; D_1, D_2 , etc.; E_1, E_2 etc, deficite, respectiv excedente lunare de precipitații față de ETP, de 10, 20 etc. mm.

Pentru determinarea elementelor bilanțului hidric se utilizează grafice simple pe care sunt reprezentate valorile anuale ale precipitațiilor și ale evapotranspirației potențiale. În figura 144 se prezintă diagramele bilanțului climatic al precipitațiilor pentru două zone europene (Ulm - Germania și Ankara - Turcia) situate la poli opuși sub raportul apei disponibile la nivelul fitocenozelor.

Atât cantitatea de precipitații căzute, cât și evapotranspirația potențială, influențează direct laturile bilanțului hidric. La Ulm, maximum de precipitații se suprapune peste maximum ETP, astfel că nu se înregistrează nici un deficit. Apare un excedent de apă la sfârșitul iernii și începutul primăverii. La Ankara, precipitațiile sunt reduse în timpul verii, perioadă în care ETP este foarte ridicat, astfel încât se înregistrează în mod continuu un deficit hidric.

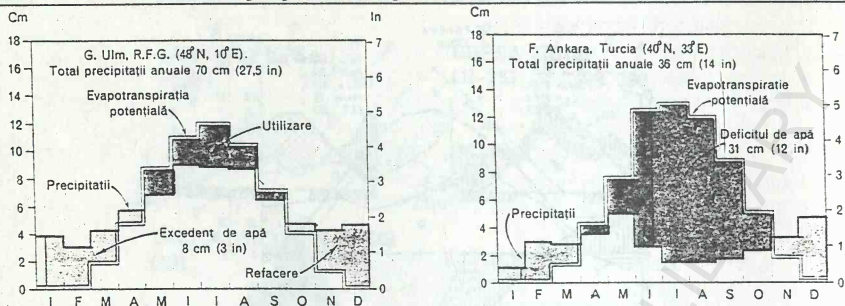


Fig. 144 Diagramele bilanțului climatic al precipitațiilor pentru două stații europene, cu regimuri climatice diferite

Din situațiile prezentate rezultă că metoda grafică poate fi utilizată în cele mai diverse situații pentru punerea în evidență a implicațiilor climatice asupra fenomenului cercetat. Utilizatorul este cel care deține posibilitatea valorificării optime a metodelor ce îi stau la dispoziție și a tezaurului de informații.

14.4.1 Indici climatici

Indicii climatici au apărut din necesitatea de a sintetiza cât mai mulți parametri într-o expresie concisă, capabilă a ilustra cu o cifră, potențialul climatic al unei anumite zone, în raport cu cerințele vegetației. Acești indici se calculează cu ajutorul unor formule climatice cunoscute în literatura de specialitate.

Gradul de continentalism. Repartiția neuniformă a uscatului și a întinderilor mari de apă, imprimă climei, ca factor geografic, particularități evidente. În acest sens se diferențiază o *climă continentală* și una *maritimă* sau *oceanică*. Pentru acest motiv în definirea acestor tipuri climatice apar noțiunile de *grad de continentalism* și *oceanitate*.

Pentru exprimarea gradului de continentalism s-a încercat găsirea unor relații care să exprime, în funcție de factorii meteorologici, în ce măsură tipul climatic cercetat se apropie mai mult de clima continentală sau oceanică. Una din caracteristicile meteorologice care poate servi în acest scop este variația anuală a temperaturii aerului. În funcție de amplitudinea anuală a temperaturii aerului, climatele se pot împărți în :

- climate maritime* cu amplitudinea anuală mai mică de 10°C;
- climate moderate* sau medii, cu amplitudinea anuală cuprinsă între 10° și 20°C;
- climate continentale* sau excesive, cu amplitudinea anuală mai mare de 20°C.

Gradul de continentalism se definește cel mai simplu, prin valoarea amplitudinii anuale a temperaturii aerului.

Temperatura aerului, însă depinde de latitudinea locului și de altitudine. De aici rezultă faptul că la exprimarea gradului de continentalism se ține seama și de latitudine. Pentru o mai judicioasă exprimare și corelare a temperaturilor pe întinsul diferitelor regiuni, s-a luat în considerare și diferența dintre temperaturile lunare din toamnă și primăvară (octombrie și aprilie), definind prin aceasta așa-zisul *coeficient termotropic*. Valoarea coeficientului termotropic K_T se poate calcula cu ajutorul formulei:

$$K_T = \frac{T_{\text{Oct.}} - T_{\text{Apr.}}}{A_t} \times \sin \varphi \quad (1)$$

unde :

$T_{\text{Oct.}}$ - temperatura medie a aerului din luna octombrie;

$T_{\text{Apr.}}$ - temperatura medie a aerului în luna aprilie;

A_t - amplitudinea anuală a temperaturii aerului;

φ - latitudinea.

În același mod, valoarea acestui coeficient a fost exprimată în funcție de nivelul precipitațiilor din perioada mai - iunie și august - septembrie.

Gradul de *continentalism termic* - K se poate calcula prin relația :

$$K = A_t \frac{1,7}{\sin \varphi} - 2,4 \quad \text{pentru emisfera nordică;} \quad (2)$$

$$K = A_t \frac{1,6}{\sin \varphi} - 14,4 \quad \text{pentru emisfera sudică.} \quad (3)$$

unde :

A_t - amplitudinea anuală a temperaturii aerului

φ - latitudinea.

Constantele din formulă s-au stabilit în funcție de gradul de continentalism al localității Verhoiansk, unde aceasta are valoarea 100, deoarece aici s-a înregistrat cea mai mare amplitudine anuală a temperaturii.

Funcție de valorile lui K pentru diferite latitudini, se disting următoarele regiuni climatice :

- *maritime de tranziție*, având gradul de continentalism termic cuprins între 0 și 33;
- *continentale*, pentru K cuprins între 34 și 66;
- *continental excesive*, pentru K cuprins între 67 și 100.

Gradul de continentalism hidric. Continentalismul hidric, se calculează cu ajutorul indicelui Gams - unghiul continentalității hidrice :

$$Uc = \arctg \frac{A}{P} \quad (4)$$

în care :

A - altitudinea în metri

P - cantitatea anuală de precipitații în mm.

Conform autorului, bradul și fagul vegetează mai bine la un unghi de continentalism mai redus. În figura 145 se prezintă unghiul continentalității hidrice pentru câteva stații din nordul țării.

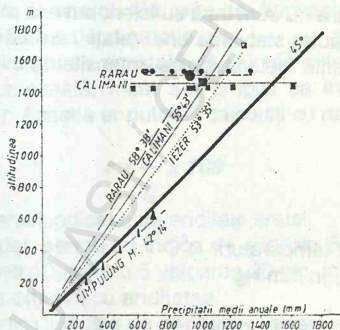


Fig. 145 Unghiul continentalității hidrice pentru stațiile Câmpulung, Rarău, Călimani și Iezer

Indici de ariditate. Încercările făcute pentru a pune în evidență interdependența care există între climat și sol, folosind valorile de temperatură și precipitații, au dus la stabilirea altor relații sau formule climatice. Ținând seama că precipitațiile abundente favorizează dezvoltarea vegetației (creșterea umidității solului) și în același timp scăderea temperaturii, s-a stabilit o relație sintetică care ilustrează raportul dintre cantitatea de precipitații și temperatura aerului.

Astfel, se poate defini factorul de ploaie I , al lui R. Lang prin formula :

$$I = \frac{P}{T}, \quad (5)$$

unde :

P - cantitatea anuală a precipitațiilor, în mm

T - temperatura medie anuală.

Calculându-se valorile I pentru diferite localități de pe glob și unind punctele de egală valoare, se obțin *isotonidele*, care furnizează următoarele indicații :

- valori ale lui I mai mici ca 20 corespund *zonelor de deșert*;

- valori ale lui I cuprinse între 20 și 40 corespund *zonelor de stepă și savanelor*;

- valori ale lui I cuprinse între 40 și 60 corespund *zonelor cu păduri amestecate cu poieni*;

- valori ale lui I mai mari ca 60 corespund *pădurilor*.

Factorul de ploaie I al lui R. Lang nu poate fi aplicat în cazul valorilor mici ale temperaturii anuale, deoarece în cazul scăderii temperaturii aerului până la 0°C factorul tinde spre infinit, iar la temperaturi anuale negative (sub 0°), valoarea indicelui devine și ea negativă.

Mai mult, se poate constata că în cazul în care :

$$I = \frac{2P}{T} = \frac{P}{\frac{T}{2}} \quad (6)$$

valoarea lui I este aceeași, fapt ce din punct de vedere climatic, constituie o eroare. De exemplu, o stațiune cu 1000 mm precipitații anuale și 30°C temperatură medie anuală ar da același factor de ploaie cu o stațiune care ar avea 500 mm precipitații și 15°C temperatura medie anuală.

Raportul $\frac{P}{E}$ sau *coeficientul higrometric* permite stabilirea legăturii dintre

umiditatea unei regiuni și distribuția speciilor vegetale. Dacă valorile lui P se determină cu destulă ușurință, din valorile medii lunare, nu același lucru se poate spune despre valoarea lui E . Aceasta pentru că măsurătorile asupra evaporării, se fac la un număr de stații redus, iar tehnica măsurătorilor și aparatura nu sunt încă suficient puse la punct.

În lipsa datelor asupra evaporării, s-a căutat stabilirea unei relații care să utilizeze mărimi meteorologice măsurate frecvent la stațiile meteorologice. Intensitatea evaporăției s-e stabilește cu ajutorul relației :

$$I = (e' - e) \times \frac{273 + t^{\circ}\text{C}}{273} \times \frac{760}{p - e} \quad (7)$$

unde :

I - este intensitatea evaporăției

e' - tensiunea vaporilor corespunzătoare temperaturii - $t^{\circ}\text{C}$

e - tensiunea actuală a vaporilor de apă, în mm Hg

t - temperatura aerului - $^{\circ}\text{C}$

p - presiunea aerului citită la barometrul stației, în mm Hg

Împărțind valoarea precipitațiilor anuale la valorile I obținute prin calcul în relația de mai sus, rezultă valoarea numerică a coeficientului higrometric.

Deoarece factorul de ploaie Lang nu poate fi utilizat în cazul temperaturilor negative, s-a găsit o relație care exprimă raportul dintre precipitații P și temperaturile medii anuale T , exprimate în mm și respectiv în grade Celsius, raport din care rezultă indicele de ariditate anual I_a De Martonne.

Relația acestuia este :

$$I_a = \frac{P}{T + 10}$$

Cifra 10 de la numitor fiind introdusă ca un artificiu de calcul pentru a se evita obținerea valorilor negative sau a celor care tind spre infinit.

De Martonne a calculat și indici de ariditate lunari și indici de ariditate medii. Pentru indicele de ariditate mediu I_m s-a ajuns la relația :

$$I_m = \frac{I_a + I_s}{2} \quad (8)$$

unde :

I_a - indicele de ariditate anual

I_s - indicele de ariditate a lunii celei mai secetoase

Pentru indicele de ariditate I_s a lunii celei mai secetoase, De Martonne a găsit relația :

$$I_s = \frac{12 P}{T + 10} \quad (9)$$

unde :

P - cantitatea de precipitații, în mm

T - temperatura medie lunară, ambele mărimi fiind calculate pentru luna cea mai secetoasă.

Din calculul indicilor de ariditate în mai multe puncte de pe glob, s-a determinat o corespondență între valoarea acestora și anumite tipuri de vegetație. Astfel :

- valori ale lui I_a mai mici de 5 corespund *deșerturilor*
- valori ale lui I_a în jurul cifrei 10 corespund *stepelor aride*
- valori ale lui I_a în jurul cifrei 20 corespund *preeriilor*
- valori ale lui I_a mai mari de 30 caracterizează *regiunile cu vegetație forestieră*

predominantă

- valori ale lui I_a mai mari decât 40 caracterizează numai *zonele cu vegetație forestieră*.

Relațiile propuse de De Martonne nu sunt nici ele exacte, pentru faptul că nu iau în considerare temperaturile extreme, frecvența precipitațiilor, fenomenul de evaporare sau durata perioadei de vegetație etc.

Mai mult, se constată că valorile mari ale indicilor de ariditate corespund valorilor mari de umezeală, încât s-a propus ca indicii de ariditate să se numească indici de umiditate r . Aceștia ar putea fi calculați cu relația :

$$r = \frac{1}{I_a} \times 100 \quad (10)$$

adică inversul indicelui de ariditate anual.

Astfel, pentru un indice de ariditate 50 s-ar obține un indice de umiditate 2, pentru 10 valoarea 10, pentru 5 valoarea 20 etc., ceea ce ar arăta că valorile numerice ar crește direct proporțional cu ariditatea.

Pentru indicele de ariditate I_s , există relația :

$$I_s = \frac{P}{\frac{T}{10}} \quad (11)$$

unde :

T - suma temperaturilor medii zilnice în perioada de vegetație cu condiția ca să depășească valoarea de 10°C

P - cantitatea de precipitații căzute în perioada de vegetație.

W. Thornthwaite, folosind raportul dintre deficitul sau excedentul anual de precipitații și necesarul de apă sau evapotranspirația potențială, a găsit expresia indicelui de umiditate și a celui de ariditate aplicat la condițiile climatice ale teritoriului SUA.

Astfel, în regiunile unde anual există un excedent de apă s în raport cu necesarul de apă r , iar în decurs de un an nu se înregistrează nici un deficit d , se obține pentru indicele de umezeală I_h relația :

$$I_h = \frac{100 \times s}{n} \% \quad (12)$$

iar în cazul în care avem deficit anual fără a se înregistra un excedent de apă, se obține pentru indicele de umiditate anual I_a expresia :

$$I_a = \frac{100 \times d}{n} \% \quad (13)$$

I_a are valoarea maximă de 100% în regiunea unde nu cad precipitații, adică deficitul este egal cu necesarul. Indicele de umezeală nu are o limită, întrucât surplusul de apă poate depăși valoarea necesarului, nivelele obținute trecând peste cifra de 100.

Surplusul de apă dintr-un anotimp poate să compenseze parțial deficitul din alt anotimp, prin cantitatea de apă aflată în sol sau conținută de pânzele freatice. După Thornthwaite, un surplus de 150 mm poate să compenseze un deficit de 250 mm. Aceasta înseamnă că indicele de ariditate reprezintă $6/10$ din indicele de umezeală.

S-a calculat astfel, un indice de umezeală mediu I_m , pentru care s-a găsit expresia :

$$I_m = I_h - 0,6 I_a \quad (14)$$

sau :

$$I_m = \frac{100 s - 60 d}{n} \quad (15)$$

Cu ajutorul lui s-a contat că zonele cu I_m pozitiv au climat umed, în timp ce cele cu I_m negativ au climat uscat (arid). Determinarea acestor indici presupune calcule laborioase.

N. Koneck a utilizat o metodă mai simplă de calcul pentru unii indici de umezeală. Astfel, pentru indicii anuali a aplicat relația :

$$I_z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10 t - (30 + v^2) \quad (16)$$

unde :

R - cantitatea de precipitații în mm, căzută în intervalul aprilie - septembrie

Δr - abaterea cantității de precipitații din lunile de iarnă (decembrie - februarie), față de limita de 105 mm; abaterile negative nefiind considerate

t - temperatura medie, în grade Celsius pe toată perioada de vegetație (aprilie - septembrie)

v - viteza medie a vântului în m.s.^{-1} la ora 14, pe întreaga perioadă de vegetație.

Koneck stabilește pentru Europa Centrală următoarea zonare climatică, în funcție de valorile indicelui de umezeală luate ca limită :

sub -60	foarte uscat
de la -60 la -20	uscat
de la -20 la 0	moderat uscat
de la 0 la 60	moderat umed

de la 60 la 120	umed
de la 120 la 180	mai umed
de la 180 la 240	foarte umed
de la 240 la 300	excesiv de umed
peste 300	excepțional de umed

Indicele de umezeală *Koncek* se poate calcula pentru cele 3 luni de vară cu ajutorul relației :

$$I_z = R - 10 t - (30 + v^2) \quad (17)$$

sau numai pentru o singură lună, cu formula :

$$I_z = 3 R - 10 t - (30 + v^2) \quad (18)$$

Meteorologul *Dr.C.Donciu* a calculat indicii de umezeală după formula *Koncek*, pentru teritoriul României, obținând o raionare climatică a teritoriului, ce se prezintă demonstrativ (fig. 146).

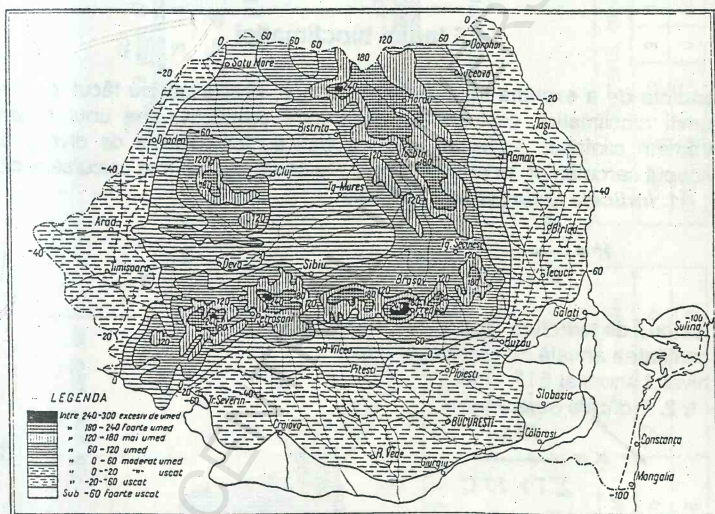


Fig.146 Repartiția teritorială a indicilor de umezire (*Koncek*) calculați de *Donciu*.

Din calcul a reieșit că indicii calculați după *Thorntwaite* sunt în medie de 3 ori mai mici decât cei calculați cu formula *Koncek*, excepție făcând zona de munte, unde diferența este mult mai mică.

Comparând valorile acestor indici se poate constata că unele izolinii delimitează suficient de bine zonele de vegetație forestieră și cele de soluri.

Astfel, izolinia de -60 din sud-estul țării delimitează zona de stepă unde predomină cernoziomul (lunci, aluviuni, deltă). În sudul țării, izolinia de -60 intră de-a lungul fâșiei de cernoziom levigat aproximativ la limita sudică a pădurilor de stejar.

Izoliniile de zero ce trec prin vestul și estul țării, în afara platformei Bârladului, marchează limita pădurii de stejar și gârniță, iar la sol indică solul brun de pădure. În Muntenia și Oltenia, această izolinie se situează mai la nord. Liniile 60 *Koncek* trec pe la

limita inferioară a pădurilor de amestec de rășinoase cu fag precum și a solurilor brune montane.

Liniile 120 *Koncek* delimitează zonele de soluri brune montane aride și zona coniferelor. După cum se vede, în raionarea climatică a unui teritoriu, indicii de umezire *Koncek* sau *Thorntwaite* sunt de cea mai mare importanță.

În cadrul Facultății de Silvicultură de la Suceava a fost întocmit un program de calculator (Marocico, 1992), care permite calculul și reprezentarea grafică a următoarelor elemente (fig. 147):

- diagrama climatică Walter
- perioada de secetă
- perioada de uscăciune
- indicele de ariditate De Martonne
- indicele de pluviozitate Thorntwaite
- evapotranspirația potențială
- bilanțul precipitațiilor.

Cu ajutorul acestui program a fost pus în evidență rolul perioadelor de secetă în potențarea fenomenului de debilitare a bradului în județul Suceava.

14.5 Indici bioclimatici

În tendința de a exprima totul în cifre sintetice, specialiștii au făcut apel la diferiți indici denumiți bioclimatici, care fac legătura între productivitatea unui ecosistem și anumiți parametri climatici. Astfel de indici globali au fost utilizați de diverși autori în funcție de scopul cercetărilor. În afara indicelui *De Martonne*, au fost calculați și alți indici:

1. Indicele Livingstone, (Walter)

$$H = \frac{P}{E} \quad (1)$$

în care :

H - factorul de hidratare (indice de umezeală)

P - cantitatea anuală de precipitații - mm

E - nivelul anual al ETP - mm

2. Indicele Seleaninov

$$K = \frac{10 \times P}{\sum T > 10^{\circ}\text{C}} \quad (2)$$

în care :

K - factorul higrotermic

P - cantitatea anuală de precipitații - mm

$\sum T > 10^{\circ}\text{C}$ - suma anuală a temperaturilor mai mari de 10°C - $^{\circ}\text{C}$

3. indicele Emberger

$$Q = \frac{100 \times P}{(M)^2 - (m)^2} \quad (3)$$

în care :

O - coeficientul hidrotermic

P - precipitații anuale - mm

M^2 - pătratul mediei lunare a maximelor - $^{\circ}\text{C}$

m^2 - pătratul mediei lunare a minimelor - $^{\circ}\text{C}$

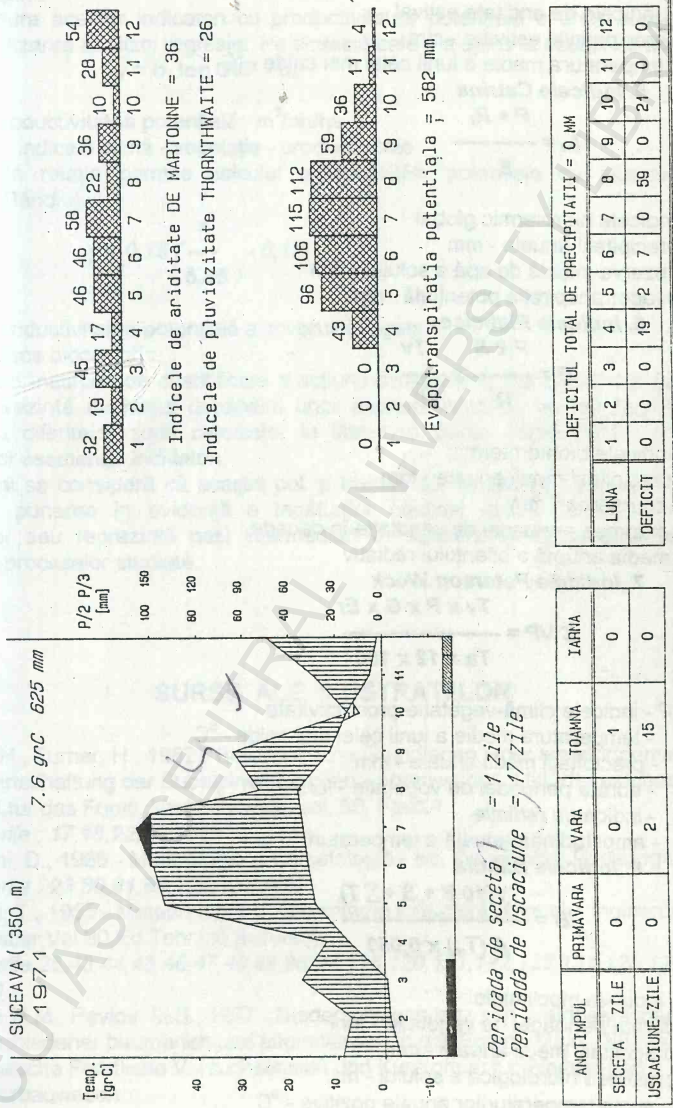


Fig. 147 Elemente de ieșire (output) ale programului de calcul a principalelor indicatori meteorologici

4. Indicele Giaccobe

$$I_{estiv} = \frac{100 P_e}{M} \quad (4)$$

în care :

I_{estiv} - indicele de ariditate estival

P_e - precipitațiile estivale - mm

M - temperatura medie a lunii celei mai calde - °C

5. Indicele Catrina

$$I_{ht} = \frac{P + R_i}{E} \quad (5)$$

în care :

I_{ht} - indicele hidrotermic global

P - precipitații anuale - mm

R_i - rezerva inițială de apă a solului - mm

E - evapotranspirația potențială - mm

6. Indicele Riabcicov

$$IB = \frac{P \times S}{R} \times \frac{T_v}{36} \quad (6)$$

în care :

IB - indicele biohidrotermic

P - precipitații medii anuale - mm

S - scurgerea - mm

T_v - mărirea perioadei de vegetație în decade

R - media anuală a bilanțului radiativ

7. Indicele Paterson Weck

$$CVP = \frac{T_v \times P \times G \times Er}{Ta \times 12 \times 100} \quad (7)$$

în care :

CVP - indicele climă-vegetație-productivitate

T_v - temperatura medie a lunii celei mai calde - °C

P - precipitații medii anuale - mm

G - durata perioadei de vegetație - luni

Er - indice de radiație

Ta - amplitudinea anuală a temperaturii

8. Indicele Bândiu

$$IB = \frac{V(10P + S + \sum T)}{A(T_m) \times 0,059} \quad (8)$$

în care :

IB - indicele bioclimatic

V - durata perioadei de vegetație - luni

P - precipitații medii anuale - mm

S - grosimea hidrologică a solului - m

$\sum T$ - suma temperaturilor anuale pozitive - °C

A - amplitudinea anuală a temperaturii aerului - °C

T_m - temperatura medie anuală - °C

Examinarea sumară a indicilor de mai sus arată că au fost folosite diferite mărimi meteorologice de la cele mai accesibile (precipitații medii anuale, temperaturi medii anuale, amplitudini) până la cele ce se obțin mai greu (elementele bilanțului radiativ). Unii indicatori au suport teoretic ecologic, în timp ce alții sunt rezultatul unor calcule cu caracter empiric.

Legătura acestor indicatori cu productivitatea potențială a unor ecosisteme s-a făcut prin utilizarea analizei regresiei. Pe această cale s-a ajuns la ecuații de tipul:

$$y = b_1 \log CVP - b_0 \quad (9)$$

în care :

y - productivitatea potențială - m³/ah/ha

CVP - indicele climă - vegetație - productivitate

O altă relație permite calculul productivității potențiale cu ajutorul indicelui bioclimatic (Bândiu) :

$$y = 0,75 \left(\frac{x^2}{5,85} - 0,12 \right) \quad (10)$$

în care :

y - productivitatea potențială a covorului vegetal

x - indice bioclimatic.

Aceste încercări de cuantificare a acțiunii conjugate a mai multor componente ale climatului prezintă avantajul dobândirii unor expresii sintetice ce fac posibilă analiza potențialului diferitelor zone cercetate. În literatură exista păreri pentru și împotriva utilizării unor asemenea indicatori.

Totuși se consideră că aceștia pot și trebuie să fie utilizați în măsura în care ei servesc la punerea în evidență a legăturilor cauzale dintre factori, la explicarea fenomenelor sau reprezintă pași intermediari în fundamentarea și obținerea de noi modele ale proceselor studiate.

SURSE ALE ILUSTRAȚIILOR

1. Aulitzki, H., Turner, H., 1982 - Bioklimatische Grundlagen einer standortgemassen Bewirtschaftung der Subalpinen Larchen - Arvenwaldes. Mitt. der eidgenoss. Anst.fur das Forstl. Versuchswes., vol. 58, Fasc.4
(figurile : 17,18,22,40,136)
2. Bacinschi, D., 1966 - Meteorologie și Climatologie - Ed. Didactică și Pedagogică
(figurile : 23,80,81,84,129,131,146)
3. Bălănică, T., 1955 - Meteorologie și climatologie forestieră. Manualul inginerului forestier, Vol.80, Ed. Tehnică, București
(figurile:25,43,44,45,46,47,48,49,96,97,116,120,121,122,123,124,125,126,127,128)
4. Brechtel, H.M., Pavlov, M.B., 1977 - Niederschlagsbilanz von Waldbestanden verschiedener baumarten und altersclassen in der Rhein - Main - Ebene. Hessische Forstliche Versuchsanstalt und Kuratorium fur Wasser und Kulturbauwesen
(figurile : 100,101)
5. Cenușă R., 1992 - Cercetări asupra structurii volumului ecologia și succesiunii ecosistemelor forestiere de limita altitudinală din Carpații Nordici (Călimani și Giumalău). Academia de Științe Agricole și Silvici

- (figurile : 42,66,94,135,145)
6. Chiriță, C.D. și col., 1977 - Stațiuni forestiere, Editura Academiei RSR, București
(figurile : 134,143)
 7. Dissescu, C.A. și col., 1971 - Fizică și climatologie agricolă, Ed. Didactică și Pedagogică, București
(figura : 69)
 8. Hackel, H., 1993 - Meteorologie - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
(figurile : 4,5,6,10,19,27,34,56,57,75,76,77,78,79,82,83,85,91,99,110,119)
 9. x x x 1963 - Instrucțiuni pentru stațiile și posturile meteorologice, Vol. I, Comitetul de stat al apelor, București
(figurile : 28,70,89,102)
 10. x x x 1965 - Instrucțiuni pentru stațiunile și posturile meteorologice, Vol. V, Instrumente meteorologice I.D. 27-65, Comitetul de stat al apelor, București
(figurile:1,2,7,8,9,11,12,13,14,15,16,24,50,51,53,54,55,59,60,61,71,86,87,88,92,93,103,104,105,106,107,108,109,114,115)
 11. Kronfuss, H., 1980 - Das Bestandesklima einer Hochlagenaufforstung auf einem Sonnhang. Beitrage zur subalpinen Waldforschung 2, Folge - Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Wien
(figurile : 41,95,98)
 12. Marcu, M., 1983 - Meteorologie și climatologie forestieră, Ed. Ceres, București
(figurile : 132,133)
 13. Marocico, V., 1992 - Acțiunea factorilor climatici asupra fenomenului de uscare a bradului în Bucovina, Manuscris, Facult. de Silvicultură, Suceava
(figura : 147)
 14. Mihai Elena, 1975 - Depresiunea Brașov, Studiu climatic, Ed. Academiei RSR, București
(figura : 139)
 15. Popescu Zeletin, I., 1951 - Mărirea rezistenței la vânturi a arboretelor prin măsuri amenajistice, Buletin științific, Secția de Științe biologice, agronomice, geologice și geografice, Tom. III, nr. 3
(figura : 117)
 16. Popescu Zeletin, I., (sub.red.) 1971 - Cercetări ecologice în podișul Babadag, Ed. Academiei RSR, București
(figura : 90)
 17. Strahler, A.M., 1973 - Geografia fizică. Ed. Științifică, București
(figura : 130,131,140,141,144)
 18. Tomescu, Aurora, 1955 - Fazele periodice de vegetație în anul 1952. Analele Institutului de cercetări silvice, Vol. XVI, partea I
(figura : 118)
 19. Vogelsanger, W., 1986 - Der Wasserhaushalt eines zweischichtigen Bodenprofiles unter Waldbestockung, dargestellt an einer sandigen Parabraunerde über Schotter, Mitt. der eidgenoss. Anst.fur das Forstl. Versuchswes.Vol. 62, Fasc. 2.
(figura : 67,137,138)
 20. Biobloc Scientific - 1995
(figurile : 26,29,30,31,32,33,35,36,37,38,39,52,58,63,64,65,68,72,74,111,112,113)
 21. Science et Vie, 1991 - Hors serie Atmosphere - atmospheres
(figura : 3)
 22. Original
(figurile : 20,21,62,73)

BIBLIOGRAFIE

1. Aulitzki, H., Turner, H., 1982 - Bioklimatische Grundlagen einer standortgemassen Bewirtschaftung der Subalpinen Larchen - Arvenwaldes. Mitt. der eidgenoss. Anst.fur das Forstl. Versuchswes., vol. 58, Fasc.4
2. Bacinschi, D., 1966 - Meteorologie și Climatologie - Ed. Didactică și Pedagogică
3. Barbu, I., Dițoiu Valeria, 1995 - Cercetări asupra conținutului de poluanți a apelor din precipitațiile căzute în județul Suceava în perioada 1991-1994, Bucovina Forestieră nr.2/1995
4. Barry, R. G., 1981 - Mountain Weather and Climate, Methuen, London. New York
5. Bălănică, T., Tomescu Aurora, 1953 - Dare de seamă asupra observațiilor fenologice forestiere efectuate în anul 1949 - Studii și cercetări, Seria I, Vol. XIII, București
6. Bălănică, T., 1955 - Meteorologie și climatologie forestieră. Manualul inginerului forestier, Vol. 80, Ed. Tehnică, București
7. Brechtel, H.M., Pavlov, M.B., 1977 - Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiedener baumarten und altersclassen in der Rhein - Main - Ebene. Hessische Forstliche Versuchsanstalt und Kuratorium fur Wasser und Kulturbauwesen
8. Cenușă R., 1992 - Cercetări asupra structurii volumului ecologia și succesiunii ecosistemelor forestiere de limita altitudinală din Carpații Nordici (Călimani și Giumalău). Academia de Stiințe Agricole și Silvice
9. Chiriță, C.D. și col., 1977 - Stațiuni forestiere, Editura Academiei RSR, București
10. x x x 1961 - Clima R.P.R., Vol. II, Date climatologice, Institutul Meteorologic, București
11. Dissescu, C.A. și col., 1971 - Fizică și climatologie agricolă, Ed. Didactică și Pedagogică, București
12. Ernst, E., 1956 - Vergleichende Forstklimatologie des Thuringer Gebirges und benachbarter Mittelgebirge, Deutsche Akademie der Landwissenschaften., Berlin
13. Giurgiu, V., 1979 - Dendrometrie și auxologie forestieră, Ed. Ceres București.
14. Hackel, H., 1993 - Meteorologie - Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
15. Ichim, R., 1990 - Gospodărirea rațională pe baze ecologice a pădurilor de molid, Ed. Ceres, București
16. x x x 1963 - Instrucțiuni pentru stațiile și posturile meteorologice, Vol. I, Comitetul de stat al apelor, București
17. x x x 1965 - Instrucțiuni pentru stațiunile și posturile meteorologice, Vol. V, Instrumente meteorologice I.D. 27-65, Comitetul de stat al apelor, București
18. Kronfuss, H., 1980 - Das Bestandesklima einer Hochlagenaufforstung auf einem Sonnhang. Beitrage zur subalpinen Waldforschung 2, Folge - Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt, Wien
19. Marcu, M., 1972 - O rețea topoclimatică și fenologică în Masivul Postăvarul. Rev. Păd. nr. 4, București
20. Marcu, M., 1983 - Meteorologie și climatologie forestieră, Ed. Ceres, București

21. Marcu, M., 1993 - Premise pentru o nouă hartă climatică a României, Sesiunea științifică "Silvicultura și exploatarile forestiere, realități și perspective, Brașov, 14
22. Marocico, V., 1992 - Acțiunea factorilor climatici asupra fenomenului de uscare a bradului în Bucovina, Manuscris, Facult. de Silvicultură, Suceava Oct.1993
23. Mihai Elena, 1975 - Depresiunea Brașov, Studiu climatic, Ed. Academiei RSR, București
24. Milesu, I., 1993 - Meteorologie și climatologie forestieră, Curs Facultatea de silvicultură, Universitatea Stefan cel Mare, Suceava
25. Popescu Zeletin, I., 1951 - Mărirea rezistenței la vânturi a arboretelor prin măsuri amenajisite, Buletin științific, Secția de Stiințe biologice, agronomice, geologice și geografice, Tom. III, nr. 3
26. Popescu Zeletin, I., (sub.red.) 1971 - Cercetări ecologice în podișul Babadag, Ed. Academiei RSR, București
27. Sadourny, R., 1991 - Les instruments de l'observation atmosferique. Science et vie - Hors serie, Atmosphere, atmospheres
28. Stoenescu, St. M., 1951 - Clima Bucegilor, Ed. Tehnică, București
29. Strahler, A.M., 1973 - Geografia fizică. Ed. Științifică, București
30. Tomescu, Aurora, 1955 - Fazele periodice de vegetație în anul 1952. Analele Institutului de cercetări silvice, Vol. XVI, partea I
31. Tomescu, Aurora, 1967 - Cercetări fenologice la principalele specii forestiere autohtone din RSR, Sinteză pentru perioada 1956 - 1965
32. Vogelsanger, W., 1986 - Der Wasserhaushalt eines zweischichtigen Bodenprofiles unter Waldbestockung, dargestellt an einer sandigen Parabraunerde über Schotter, Mitt. der eidgenoss. Anst.fur das Forstl. Versuchswes. Vol. 62, Fasc. 2.

Redacția : Stațiunea Experimentală de Cultura
Moldiului Câmpulung Moldovenesc

Culegere și prelucrare computerizată :

Ing. Lucian Chichifoi
Tehn. Elena Avădăanii
Tehn. Viorica Ichim

Împlicare :

Tehn. Ionel Ichim

STĂȚIUNEA EXPERIMENTALĂ DE CULTURA MOLIDULUI - unitate de cercetare specializată în domeniul forestier și al protecției mediului realizează la comandă studii și oferă know-how pentru gestionarea optimă a ecosistemelor naturale și artificiale din zona montană :

- Prognoza evoluției pădurilor și stabilirea tehnologiilor optime de conducere
- Studii de impact ecologic în zone sensibile sau pentru activități existente
- Modelarea matematică a stabilității pădurilor la acțiunea vântului și a zăpezii
- Analize chimice și biologice în laboratoarele proprii (sol, apă, deșeuri, boli, dăunători animalii etc.) și expertize specializate
- Reabilitarea ecologică a terenurilor degradate și poluate și readucerea lor în circuitul economic.

Comenzile se pot adresa la :

Stațiunea Experimentală de Cultura Molidului
5950 Câmpulung Moldovenesc Calea Bucovinei nr. 73 bis
sau la telefon (fax) 030/312302

5000 lei